IN1010 V21 - Obligatorisk oppgave 6

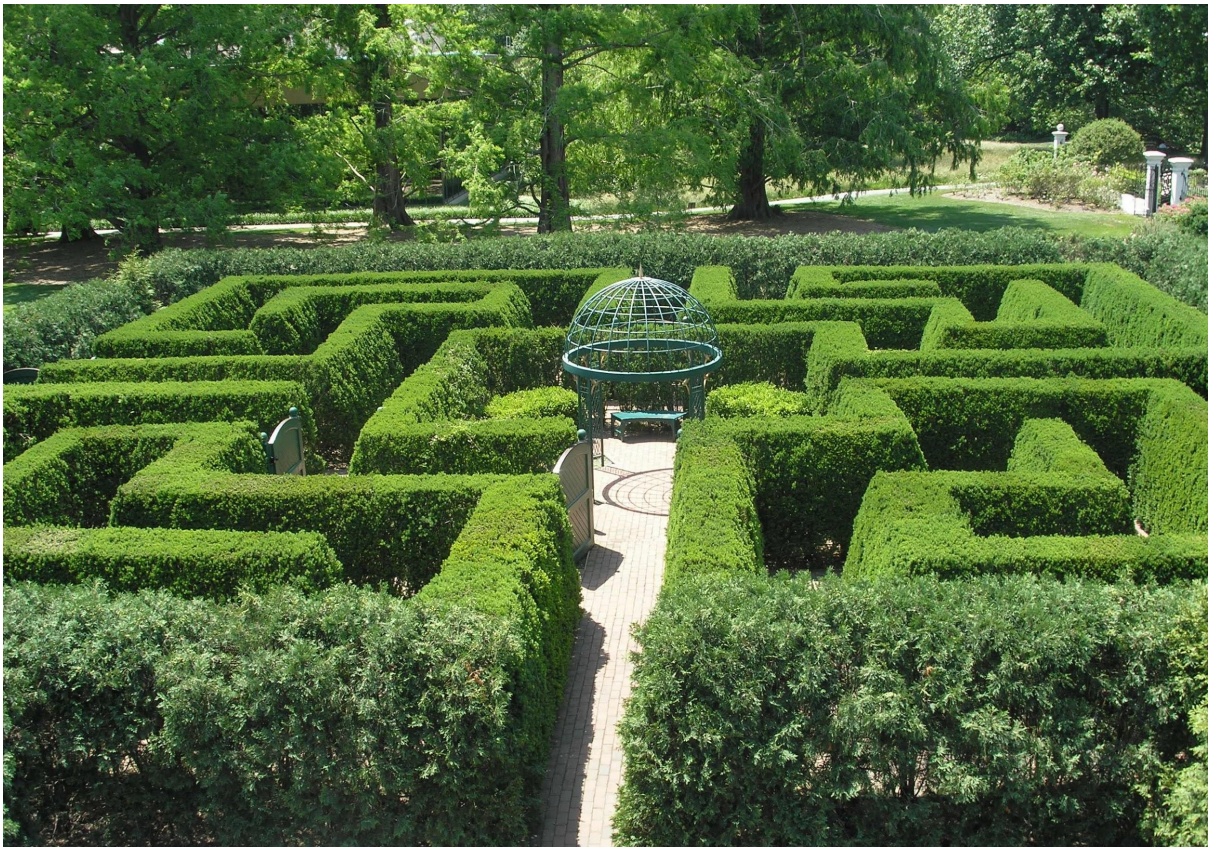
Innleveringsfrist: Mandag 19.4.2021 kl 23:59

Sist modifisert av Stein Gjessing. Versjon 1.1 (endret lenke)

Innledning

I denne oppgaven skal du bruke rekursjon til å lage et program som er i stand til å finne veiene ut av en labyrint. Labyrintene i denne oppgaven er rutenett, bygget opp av kvadratiske ruter som man enten kan gå gjennom eller ikke.

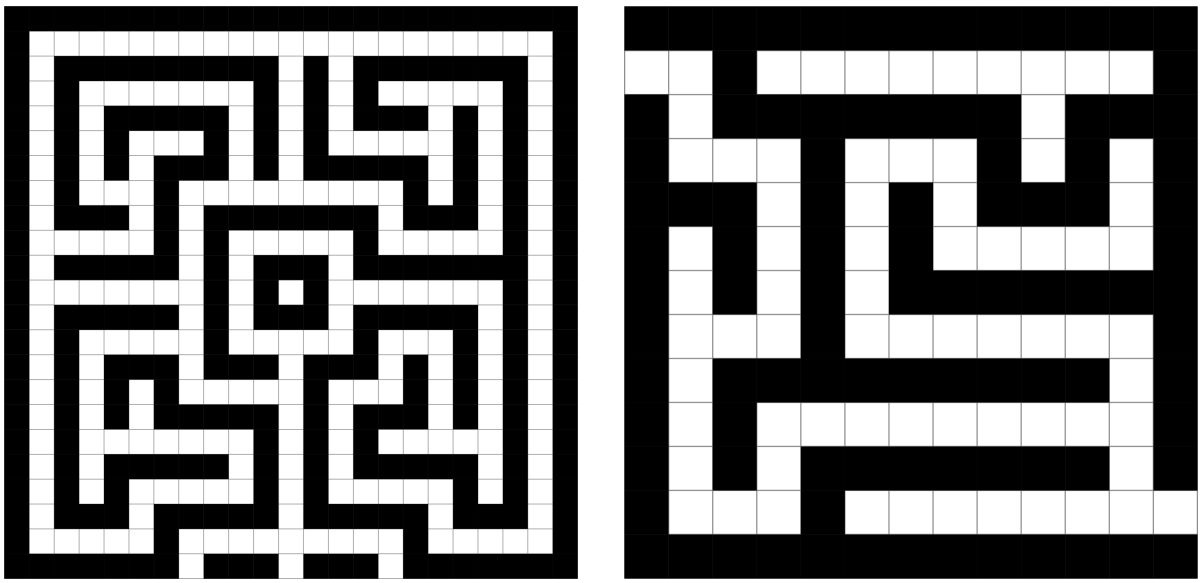
I obligatorisk oppgave 7 skal du lage et grafisk brukergrensesnitt (eng. graphical user interface, ofte forkortet til GUI) til programmet du lager i denne oppgaven.



Figur 1: Labyrint laget av hekker (foto: Karen Blaha, Flickr)

Notasjon og terminologi

Under følger to tekster som definerer en del begreper vi får bruk for senere. Den første er strukturert som en serie presise og minimale definisjoner, som i matematikk, og den andre er strukturert som en mer uformell, forklarende tekst.



Figur 2: Til venstre en syklisk (fil 4) og til høyre en asyklisk (fil 3) labyrint. Det er kun obligatorisk å løse asykliske labyrinter i denne oppgaven.

Formelle definisjoner

- En rute er den minste enheten i labyrinten (hver rute er representert ved ett tegn i filen).
    - Hvite ruter kan man gå gjennom.
    - Sorte ruter kan man ikke gå gjennom.

- To ruter er naboer dersom de har en felles side.

- En vei er en sekvens av hvite ruter slik at hver rute i sekvensen er nabo med den foregående og den etterfølgende ruten, og de to kan ikke være samme rute.

- Hvis det går en vei mellom to ruter, så er rutene tilkoblet hverandre.

- En vei er syklisk hvis minst én av rutene på veien besøkes flere ganger, ellers er den asyklisk.

- En labyrint er syklisk hvis det finnes en syklisk vei i den, ellers er den asyklisk.

- En åpning er en hvit rute på kanten av labyrinten.

- En utvei fra en bestemt startrute er en vei fra den valgte startruten til en åpning.

- Vi bruker koordinater på formen (kolonne nr, rad nr) for å identifisere en rutes plassering i labyrinten (merk at vi teller fra 0). Kolonne nr. kalles gjerne x og rad nr. kalles y: (x,y). Alle x og y verdier er positive eller 0.

- Posisjon (0,0) er øvre venstre hjørne (nord-vest hjørnet) i labyrinten på en tegning. Dette samsvarer med hvordan man nummererer pixler i grafiske grensesnitt. x-verdiene øker da mot høyre, mens y-verdiene øker nedover.

Mindre formelle definisjoner

En labyrint er bygd opp av kvadratiske ruter som alle er like store. Hver rute svarer til et tegn i filen. En rute kan være hvit, som betyr at man kan gå gjennom den, eller sort, som betyr at man ikke kan gå gjennom den. Vi sier at to ruter er naboer hvis de har en felles side. En rute har altså inntil 4 naboer.

Vi kan gå mellom et par av hvite ruter som er naboer. Vi kan sette sammen mange slike par av hvite ruter for å danne en vei. Hvis det går en vei mellom to ruter, så er rutene tilkoblet hverandre.

Vi sier at en vei er syklisk hvis en av rutene som ligger på veien besøkes flere ganger, og en vei som ikke er syklisk kalles asyklisk.

Vi sier at en labyrint er syklisk dersom det finnes en syklisk vei i den. Dette innebærer at vi må gjøre noen ekstra sjekker i koden for å unngå å bli gående i en sirkel. Figur 2 inneholder blant annet en syklisk vei rundt midten i labyrinten til høyre. En labyrint som ikke er syklisk, kaller vi asyklisk.

Hvite ruter på kanten av labyrinten kalles åpninger, og en vei fra en gitt rute til en åpning kalles en utvei. Vi kan referere til en bestemt rute ved å bruke koordinatene slik: (kolonne nr, rad nr), eller slik: (x,y). F.eks. har figur 3 to åpninger; (0, 1) og (12, 11).

Noen forenklende antagelser og nyttige resultater

Forenklende antagelser

- Vi skal i denne oppgaven bare se på rektangulære labyrinter (altså er den ytre grensen alltid et rektangel.)
- Vi skal anta at ingen åpninger er nabo med hverandre. Når vi har funnet en åpning, trenger vi altså ikke å sjekke om det finnes veier videre derfra.

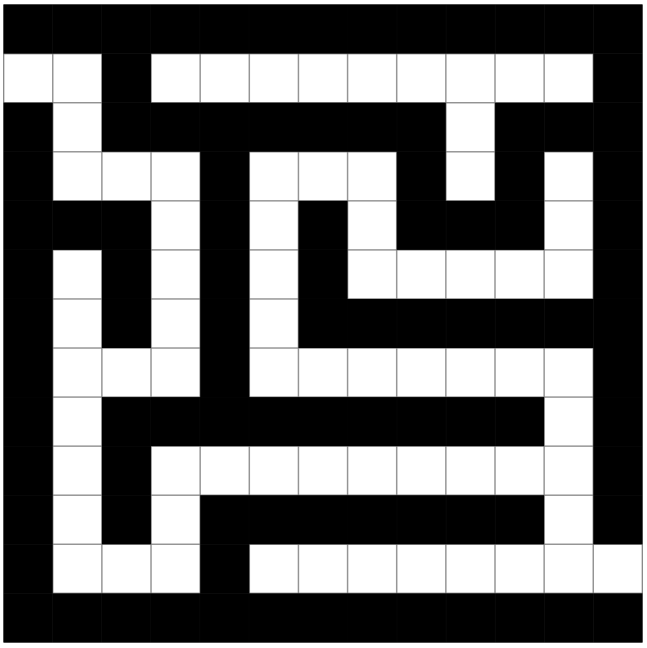
Merk: Vi kan ha områder med hvite ruter som er isolert fra de andre hvite rutene, som f.eks. midten i figur 2 eller området nord-øst i figur 3. Dersom det ikke finnes en vei fra en rute til en åpning vil vi heller ikke finne en løsning.

Filformat

For å representere labyrinter bruker vi følgende filformat: (dette er fil 3 i testfilmappen)

```
13 13
#############
..#.........#
#.#######.###
#...#...#.#.#
###.#.#.###.#
#.#.#.#.....#
#.#.#.#######
#...#.......#
#.#########.#
#.#.........#
#.#.#######.#
#...#........
#############
```

- Den første linjen inneholder to positive heltall som bestemmer hhv. antall rader og antall kolonner i labyrinten (NB! Merk rekkefølgen, her er antall rader først. NB!).
- Hvite ruter representeres ved . (punktum)
- Sorte ruter representeres ved # (hashtag/firkant)



Figur 3: Labyrinten i fil 3.

Du finner flere eksempel-labyrinter på infosiden til oppgaven.

Del A: Klasser og datastruktur

Under skisséres klassehierarkiet og datastrukturen som skal brukes. Du **skal** lage klassene *Labyrint*, *Rute*, *HvitRute*, *SortRute* og *Aapning*. Du står fritt til å utvide denne løsningen slik du vil, men da må du begrunne dette gjennom kommentarer i koden.

Labyrint

Labyrint skal inneholde et todimensjonalt Rute-array med referanser til alle rutene i labyrinten og bør ta vare på antall rader og kolonner. Merk at det er opptil deg å velge hvilken av de to indeksene i arrayet som representerer kolonne og hvilken som representerer rad, så lenge du bruker dette konsistent inne i klassen. Arrayet er uansett en intern representasjon i klassen Labyrint, som ikke aksesseres direkte utenfra.

I tillegg skal hele labyrinten kunne returneres i et format som enkelt kan skrives ut til terminalen underveis (bruk gjerne toString-metoden til dette). Du kan bruke samme representasjon (de samme tegnene) på terminalen som i filformatet, men dette er valgfritt.

Rute

Klassen Rute skal ta vare på sine koordinater (kolonne og rad), og skal også ha en referanse til labyrinten den er en del av. I tillegg skal klassen ha referanser til sine eventuelle nabo-ruter (nord/syd/vest/øst).

Rute skal ha en abstrakt metode *char tilTegn()* som returnerer rutens tegnrepresentasjon (denne skal følge filformatet som beskrevet lenger opp!). Det skal *ikke* være mulig å opprette et objekt av klassen Rute, kun av subklassene.

HvitRute og SortRute

HvitRute og SortRute er subklasser av Rute. Disse må implementere *char tilTegn()* som deklareres i Rute.

Aapning

Aapning er en subklasse av HvitRute og bruker samme datastruktur som sin superklasse.

Del B: Innlesing fra fil

Klassen Labyrint skal ha en konstruktør som tar en fil eller et filnavn som parameter og oppretter datastrukturen med den todimensjonale arrayen og alle Rute-objektene basert på dataene i filen.

Konstruktøren skal *ikke* håndtere FileNotFoundException, men bare kaste unntaket videre. Da flyttes ansvaret for å håndtere dette unntaket til metoden som oppretter labyrinten. Dette blir viktig når du skal lage et GUI til dette programmet i oblig 7.

Hint: Før du begynner å lage Rute-objekter bør du tenke over hvilken rekkefølge ting bør gjøres i og hvilke konsekvenser dette får for programmet ditt. For eksempel må du sørge for at alle ruter får kunnskap om sine naboer etter at rute-objektene er laget.

Du bør teste at brettet er lest inn riktig ved å skrive det ut igjen i terminalen før du går videre til neste del.

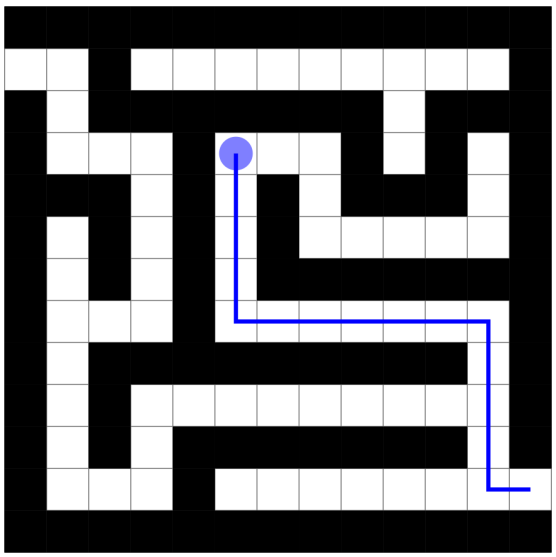
Relevante Trix-oppgaver: 9.01 & 10.03.

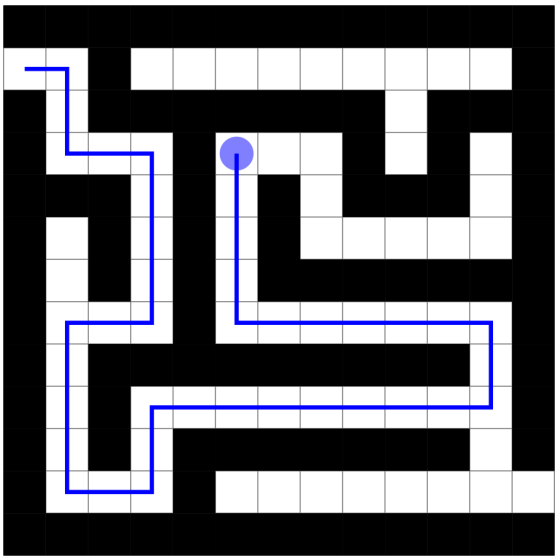
Del C: Løsning ved rekursjon

Du skal bruke rekursjon for å finne eventuelle utveier fra en bestemt rute. Denne rutens jobb blir å spørre alle naboruter om å finne en vei videre. Hvite naboruter spør så igjen alle sine naboruter (unntatt den som nettopp spurte) om å finne en vei videre, osv. På denne måten vil vi til slutt komme til en åpning (hvis den finnes).

Kort fortalt er strategien altså å prøve å gå alle veier videre bortsett fra den vi kom fra.

Programmet vårt skal finne alle utveier fra en gitt rute i en asyklisk (ikke-syklisk) labyrint. Som en valgfri ekstraoppgave, kan du utvide denne løsningen slik at programmet også kan håndtere sykliske labyrinter.





Figur 4 og 5: De to mulige utveiene fra (5, 3) i labyrinten i fil 3.

Utveier i asykliske labyrinter

Lag en metode gaa() i Rute. Denne metoden skal kalle gaa() på alle naboruter (også sorte ruter) unntatt den som er i den retningen kallet kom fra (for da ville vi gått tilbake til der vi nettopp var). **Merk:** Det kreves at du implementerer dette ved hjelp av polymorfi, dvs. uten bruk av *instanceof.* Du skal heller ikke bruker rutens metode char tilTegn().

Husk om polymorfi: Polymorfi betyr ganske enkelt at subklasser kan implementere metoder med samme *signatur* forskjellig. Metoden gaa() **skal** implementeres forskjellig i alle Rutes subklasser. Når Aapning, SortRute og HvitRute har hver sine tolkninger av metoden gaa() trenger vi ikke å bruke instanceof, eller char tilTegn().

Hint: Det kan være lurt å skrive ut rutens koordinater ved hvert kall på *gaa()* for å se hva som skjer.

Skriv metoden *void finnUtvei()* i Rute som finner alle utveier fra ruten ved hjelp av kall på gaa.

Lag deretter metoden *finnUtveiFra(int kol, int rad)* i Labyrint. Denne skal kalle på finnUtvei() i den ruta som ligger på (int kol, int rad) i labyrinten.

Test programmet før du går videre, for eksempel ved å lese inn fil 3 (figur 3) og kalle finnUtveiFra(5, 3). De to åpningene er (0, 1) og (12, 11) og begge kan nås fra (5, 3). Utveiene er tegnet opp i figur 4 og 5. Sjekk så at det ikke finnes noen utveier fra (5, 1).

Lagring av utvei i en ArrayList

Lag en klasse som heter Tuppel som kan inneholde koordinatene til en rute, dvs. to tall: (x,y). Utvid gaa() slik at den tar inn et ekstra parameter som inneholder koordinatene til rutene på den foreløpige veien, slik at gaa() "husker" veien som er gått så langt. Dette skal være en ArrayList av Tuppler: ArrayList<Tuppel>. Når du kommer til en ny rute, legger du denne rutens koordinater til ArrayList-en før du kaller gaa() i nabo-rutene. Skriv metoden toString() i Tuppel.

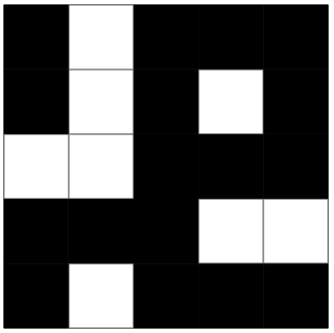
Du MÅ lage en lokal kopi av denne ArrayLIst-en hver gang du kommer til en ny rute. Grunnen til dette er at når du har utforsket en vei, skal du ta fatt på en ny. Da må du ha en "frisk" kopi av veien frem til denne ruten ellers blander programmet sammen den veien du nettopp har utforsket med den nye veien du nå skal til å utforske. Hint: Du kan lage en ny frisk ArrayList med samme innhold som den gamle med: ArrayList<Tuppel> nySti = new ArrayList<>(sti);

Når du har funnet en ny utvei, dvs, når du er komme til en åpning, skal utveien frem til denne åpningen legges inn i en ArrayList av ArrayList<Tuppel>. Du skal lagre listen med utveier som en instansvariabel i Labyrint og endre denne når du har funnet en ny utvei. Husk at hver rute har en referanse til Labyrinten den er en del av. Endre metoden finnUtveiFra(int kol, int rad) i Labyrint til å returnere denne listen av alle utveier. Husk at det skal være mulig å kalle denne metoden flere ganger på forskjellige start-koordinater.

Hovedprogram

Du skal ikke skrive ditt eget hovedprogram men bruke det hovedprogrammet som er gitt på infosiden. Dette programmet leser inn filnavnet til en labyrint fra kommandolinjeargumentene og oppretter et Labyrint-objekt. Deretter lar programmet bruker oppgi koordinater til én og én

rute og skriver ut utveiene fra disse. Dette gjør at man enkelt kan teste utveier fra mange ruter i samme labyrint. Se følgende eksempel på bruk. Hvis du ønsker kan du utvide dette hovedprogrammet med mer funksjonalitet.



Figur 6: Labyrinten i fil 7.

```
$ java Oblig6 7.in
Skriv inn koordinater <kolonne> <rad> ('a' for aa avslutte)
1 1
Utveier:
(1,1)
(1,0)

(1,1)
(1,2)
(0,2)

Skriv inn nye koordinater ('a' for aa avslutte)
3 1
Utveier:


Skriv inn nye koordinater ('a' for aa avslutte)
3 3
Utveier:
(3,3)
(4,3)
```

Det kan hende at ditt program gir en annen rekkefølge på utveiene fra én bestemt rute. Det er helt OK. Det vesentlige er at det finner de samme utveiene.

OBS: Det er svært nyttig å gjøre utskrifter underveis i testingen av programmet, og du oppfordres derfor til å gjøre det, for eksempel ved å skrive ut stegene i letingen etter en utvei. **Men:** Når klassene dine er ferdige skal det være mulig å kjøre hovedprogrammet *uten disse utskriftene* (med unntak av eventuelle feilmeldinger). Du kan løse dette ved å fjerne alle utskriftene før du leverer oppgaven, men et annet forslag er å gi brukeren mulighet til å legge inn et ekstra argument når programmet kjøres og kun vise test-utskrifter dersom dette

argumentet er sendt ved (for eksempel nøkkelordet “detaljert” (På engelsk brukes gjerne “verbose” for dette). Et eksempel på kjøring kan se slik ut:

```
$ java Oblig5 7.in detaljert
```

Oppsummering av del C

- Programmet skal ved hjelp av rekursjon klare å finne alle mulige utveier fra en vilkårlig rute.
- Du trenger bare finne utveier i asykliske labyrinter.
- For hver utvei programmet finner, skal det lagre en liste som beskriver utveien. Alle listene skal returneres i en ArrayList<ArrayList<Tuppel>>.
- Det skal være mulig å skru av all utskrift utenom feilmeldinger.

Relevante Trix-oppgaver: Alle oppgaver om rekursjon, men spesielt 8.02, 8.03, 8.06 & 8.07

Oppsummering

Du skal levere alle klasser som skal til for at hovedprogrammet skal fungere (inkludert det utgitte hovedprogrammet). Ikke lever datafiler.
Alle delene av programmet må kompilere og kjøre på Ifi-maskiner for å kunne få oppgaven godkjent. Unngå bruk av packages (spesielt relevant ved bruk av IDE-er som IntelliJ). *Ikke levér zip-filer!* Det går an å laste opp flere filer samtidig i Devilry.

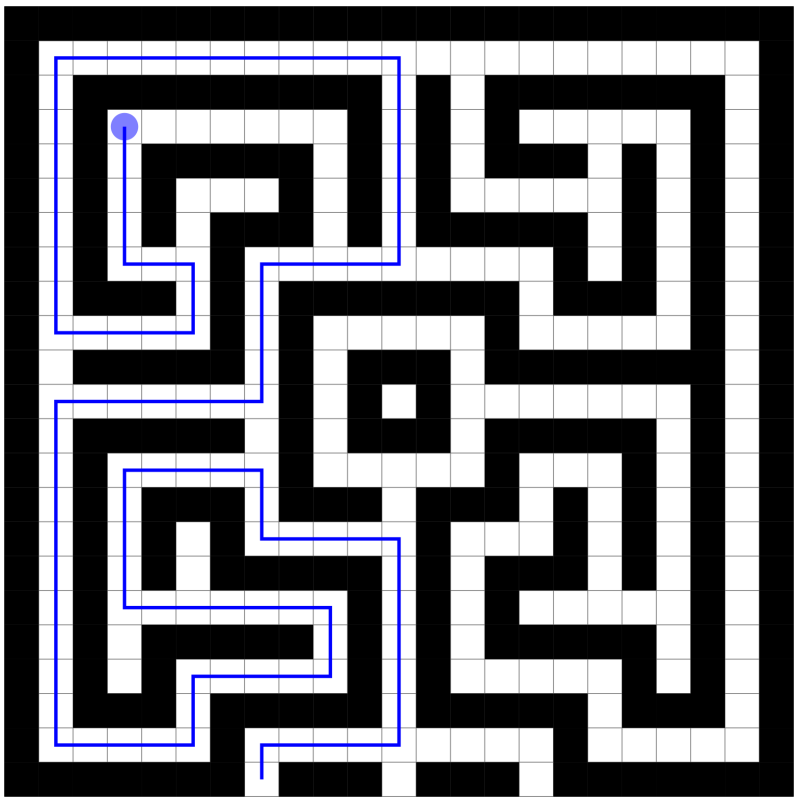
Merk: Resten av oppgaven er frivillig (men anbefalt).

Del D: Valgfri del

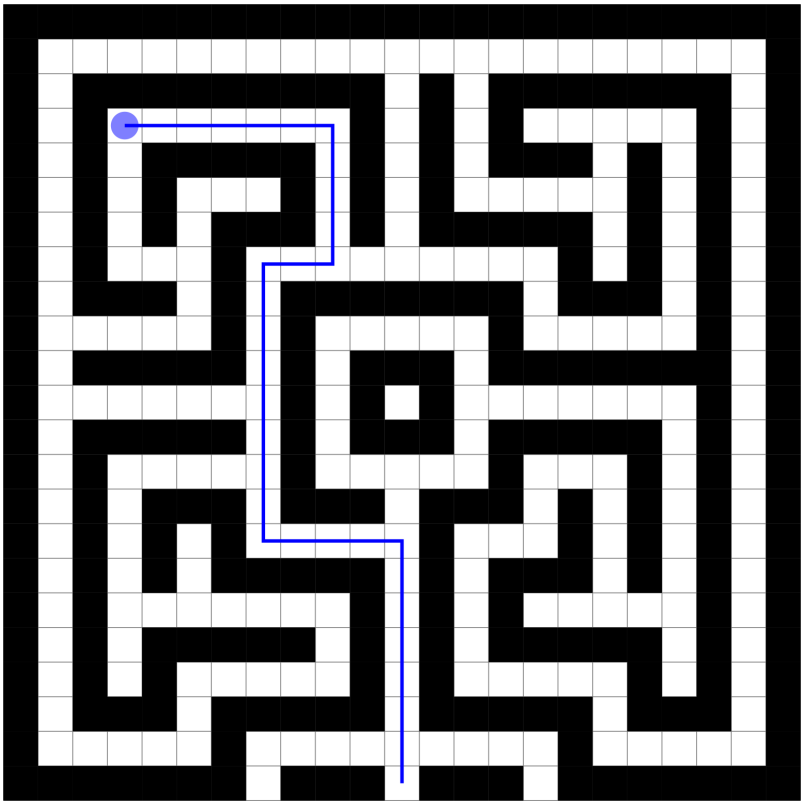
Utveier i sykliske labyrinter

For å kunne håndtere sykler, må vi tilføre algoritmen vår et nytt element – vi trenger å merke veien vi har gått slik at vi kan snu når vi kommer til en rute som allerede er på veien. Dette gjøres ved å markere ruter som besøkt med et boolsk flagg. (En instansvariabel “besoekt” som enten har verdien true eller false). Vi kan se for oss at vi ruller ut en snor etter oss, og når vi går tilbake ruller vi opp igjen snoren slik at den kun ligger innenfor rutene som ligger på veien. Denne teknikken kalles rekursiv tilbakesporing (eng. recursive backtracking).
Hvis du leter i en syklisk labyrint vil du komme til en rute der snøret ditt er, og da må du stoppe med å lete denne veien. Dette blir omtrent som å komme til en sort rute.

Legg også merke til at i sykliske labyrinter kan vi finne flere utveier fra et startpunkt til samme åpning. Noen av disse er åpenbart ikke optimale, men de er likevel korrekte. Se på figur 7 og 8. Utveien i figur 7 er åpenbart fryktelig ineffektiv – faktisk er den 3 ganger så lang som den i figur 8! Dette kan du eventuelt finne ut ved å sjekke lengden av utveiene fra samme startpunkt til samme åpning.



Figur 7: En tilfeldig utvei fra (3, 3) i labyrinten i fil 4 (figur 2)



Figur 8: Den korteste utveien fra (3, 3) i labyrinten i fil 4 (figur 2)

Utfordring: Klarer du å se hvor mange utveier som finnes fra (3, 3) i figur 2?

Modifiser koden din slik at vi holder styr på om vi har vært innom rutene under letingen etter en utvei og ikke går gjennom samme rute flere ganger.

Korteste utvei (valgfri)

Utvid programmet ditt slik at det finner den (eller én av de) korteste utveien(e) (hvis det finnes noen utveier). Skriv også ut hvor mange utveier som ble funnet.