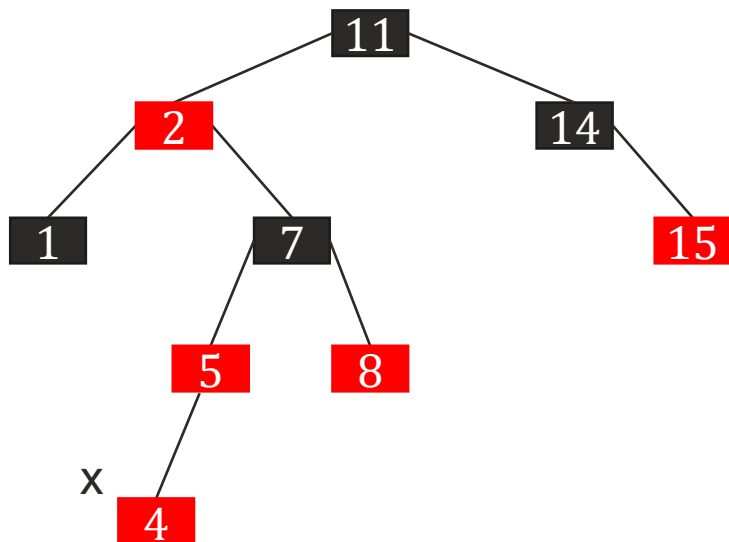


# ADATSZERKEZETEK ÉS ALGORITMUSOK

Piros-Fekete Fa Beszúrás

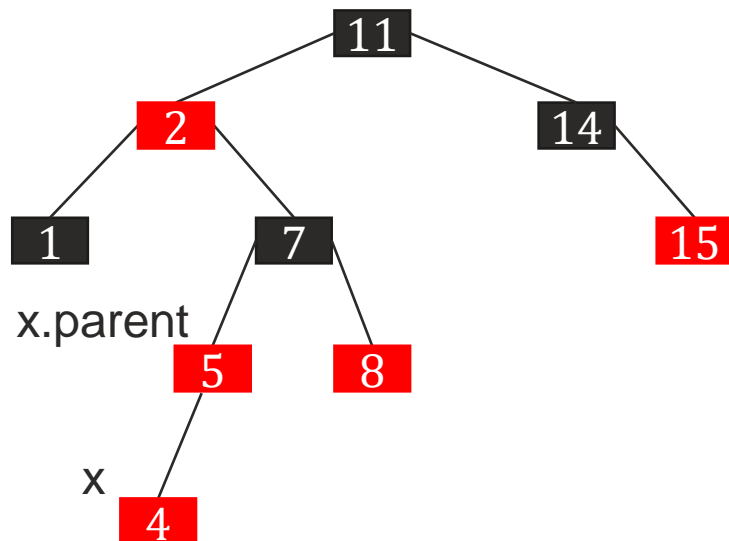
# Piros-Fekete fák – beszúrás

- Egy új csúcs beszúrása
  - Szükség van a PF fa tulajdonság **helyreállítására**
  - Szúrjuk be a 4-et
    - Keressük meg a helyét a bináris keresőfában
    - Színezzük pirosra – Miért?



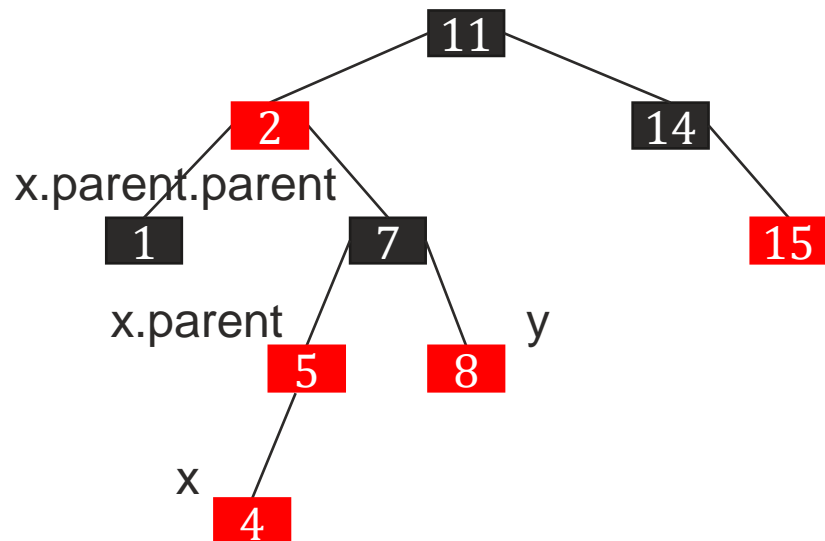
# Piros-Fekete fák – beszúrás

- Állítsuk helyre a PF tulajdonságot
  - Amíg az  $x$  és szülője egyaránt **piros**, vagy el nem értük gyökeret helyreállítási lépéseket kell tenni



# Piros-Fekete fák – beszúrás

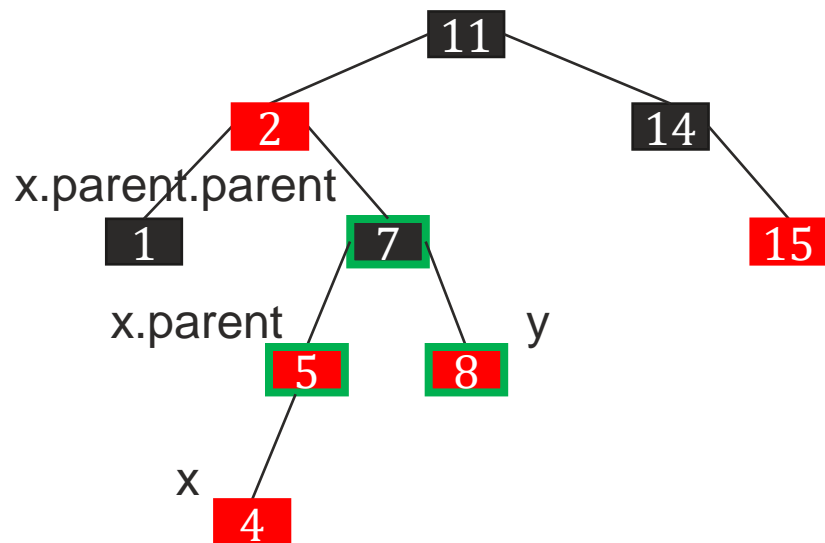
- Állítsuk helyre a PF tulajdonságot
  - Jelöljük meg a csúcsokat
    - A szülő balra van a nagyszülőtől, és az x balra van a szülőtől
      - Itt a szülő azonos oldali gyereke a nagyszülőnek, de lehetne ellenkező oldali is
    - A nagyszülő jobbgyereke (nagybácsi) legyen az y



# Piros-Fekete fák – beszúrás

- 1. eset

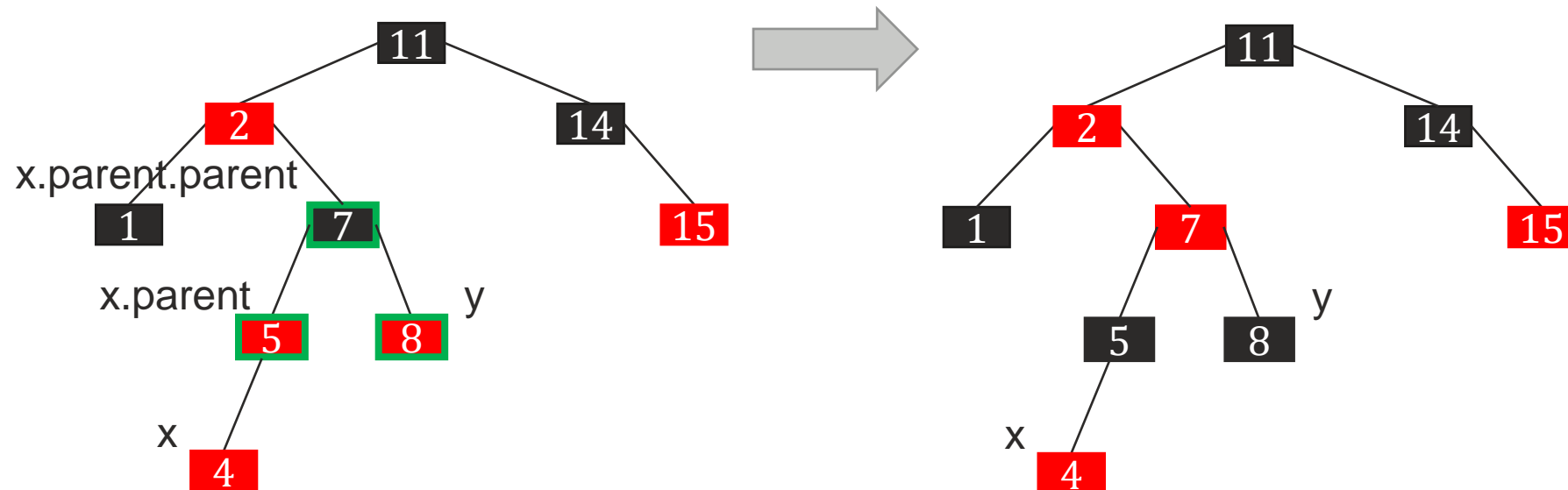
- Ha a nagybácsi színe **piros**, cseréljük meg y, a nagyszülő és a szülő színét



# Piros-Fekete fák – beszúrás

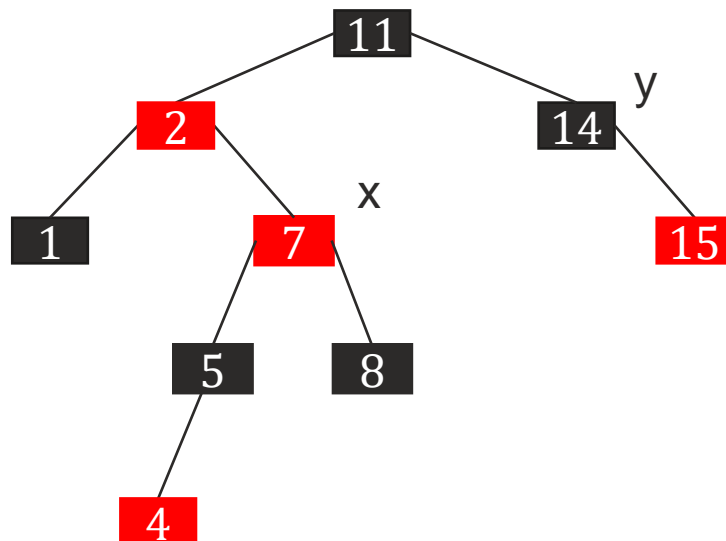
- 1. eset

- Ha a nagybácsi színe **piros**, cseréljük meg y, a nagyszülő és a szülő színét



# Piros-Fekete fák – beszúrás

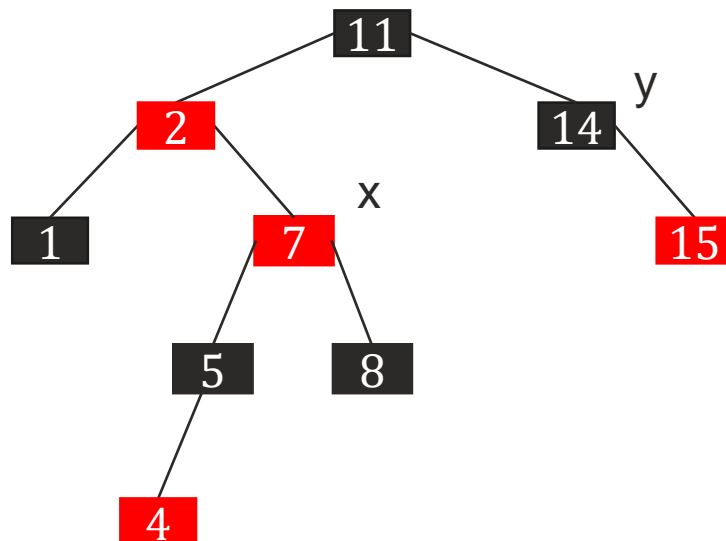
- Az előzőt folytatva
  - x jelölje az eddigi x nagyszülőjét
  - Ebben a helyzetben az x szülője megint balgyerek
  - Az y pedig jelölve továbbra is az x nagybácsiját
    - Ez most nem piros, hanem fekete, ami egy másik, új eset



# Piros-Fekete fák – beszúrás

- 2. eset

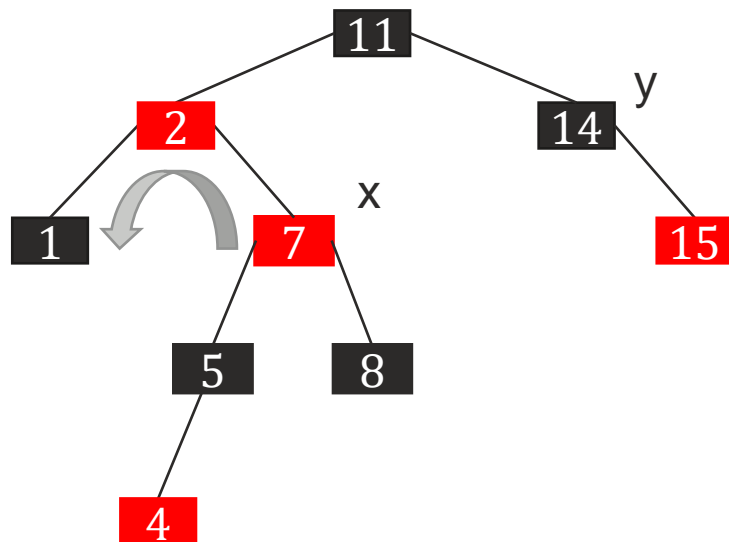
- Ha az x nagybácsija fekete, az x és szülője is **piros** és a szülő ellenkező oldali gyereke a nagyszülőnek, mint az x a szülőnek ...
  - Megjegyzés: ez az eset függetlenül is előfordulhat az előzőtől





# Piros-Fekete fák – beszúrás

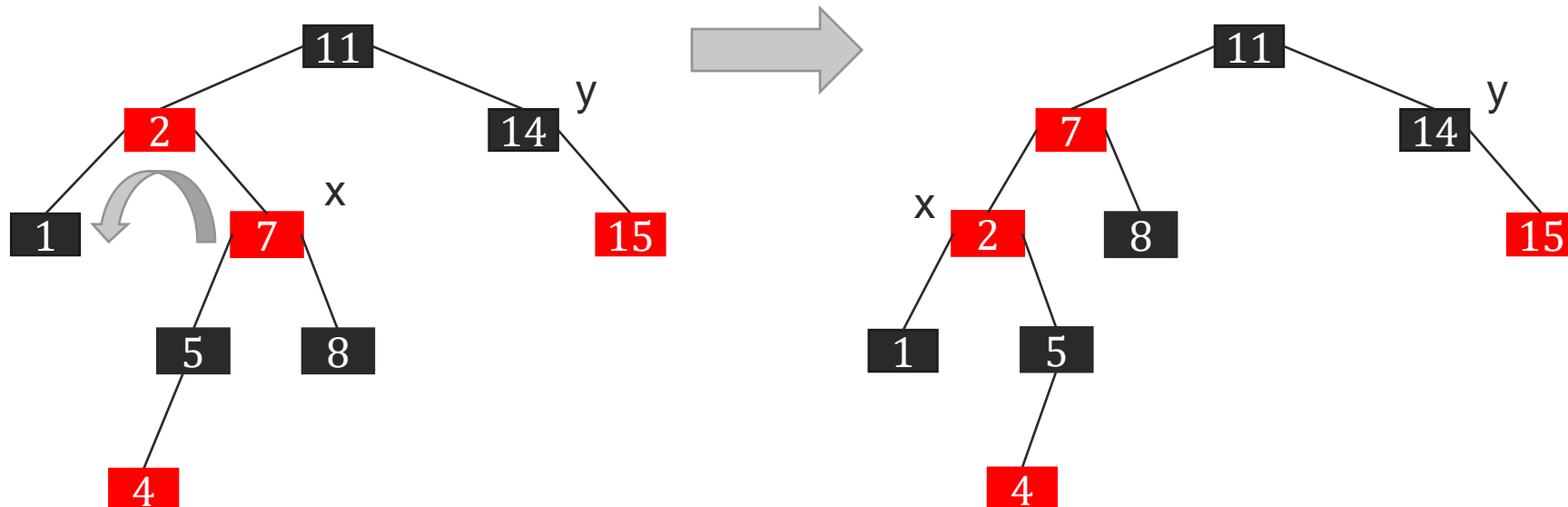
- 2. eset
  - ... akkor forgassunk x és szülője körül balra ...



# Piros-Fekete fák – beszúrás

- 2. eset

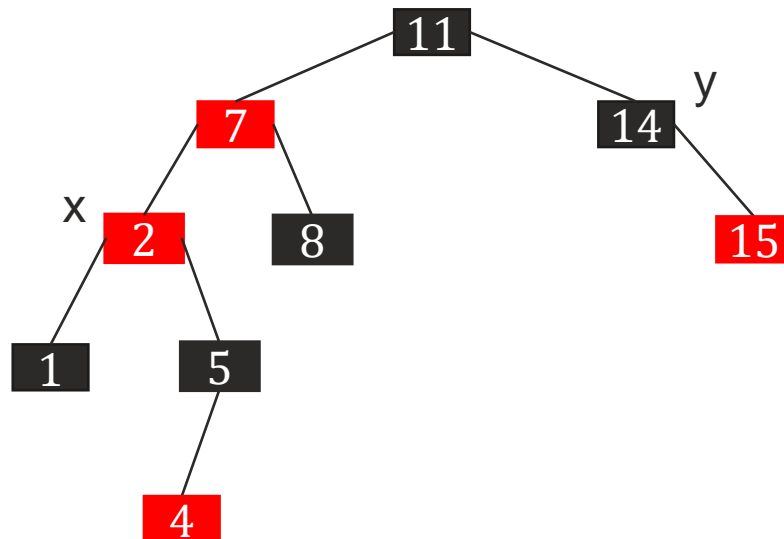
- ... jelöljük át, legyen x az eddigi x szülője és
- forgassunk x és gyereke körül balra ...
  - Ezzel az x és szülője, valamint a szülő és nagyszülő közötti oldaliságot azonossá tettük, mást még nem oldottunk meg.



# Piros-Fekete fák – beszúrás

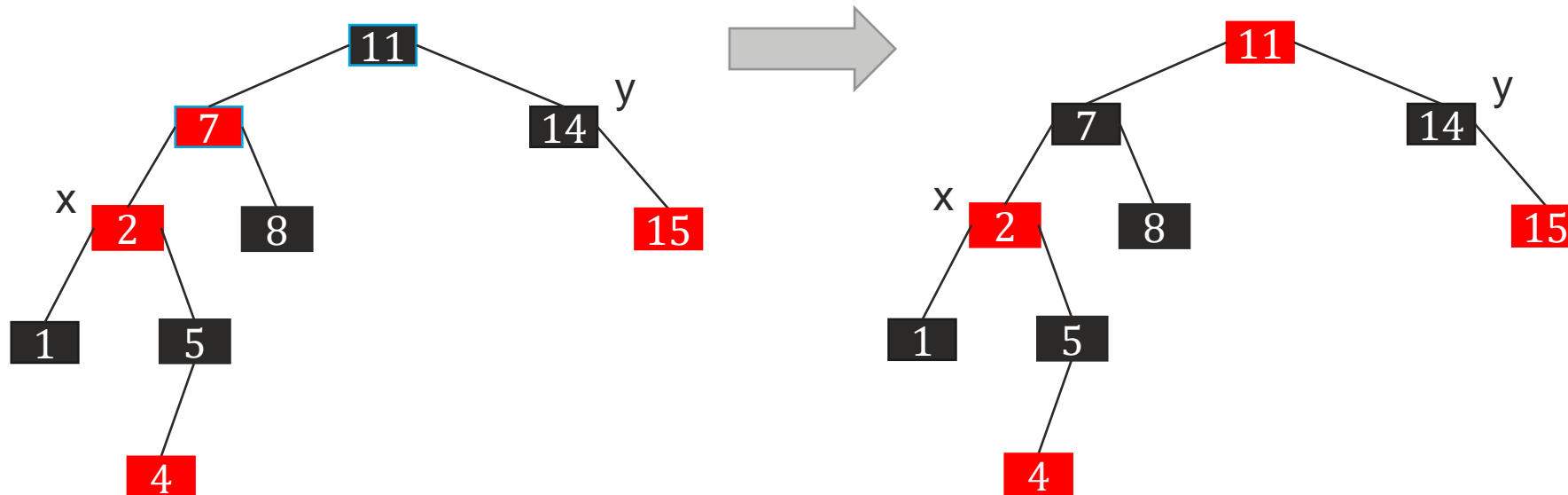
- 3. eset

- Ha az x nagybácsija fekete, az x és szülője is piros és a szülő azonos oldali gyereke a nagyszülőnek, mint az x a szülőnek ...
  - Megjegyzés: ez az eset függetlenül is előfordulhat az előzőtől



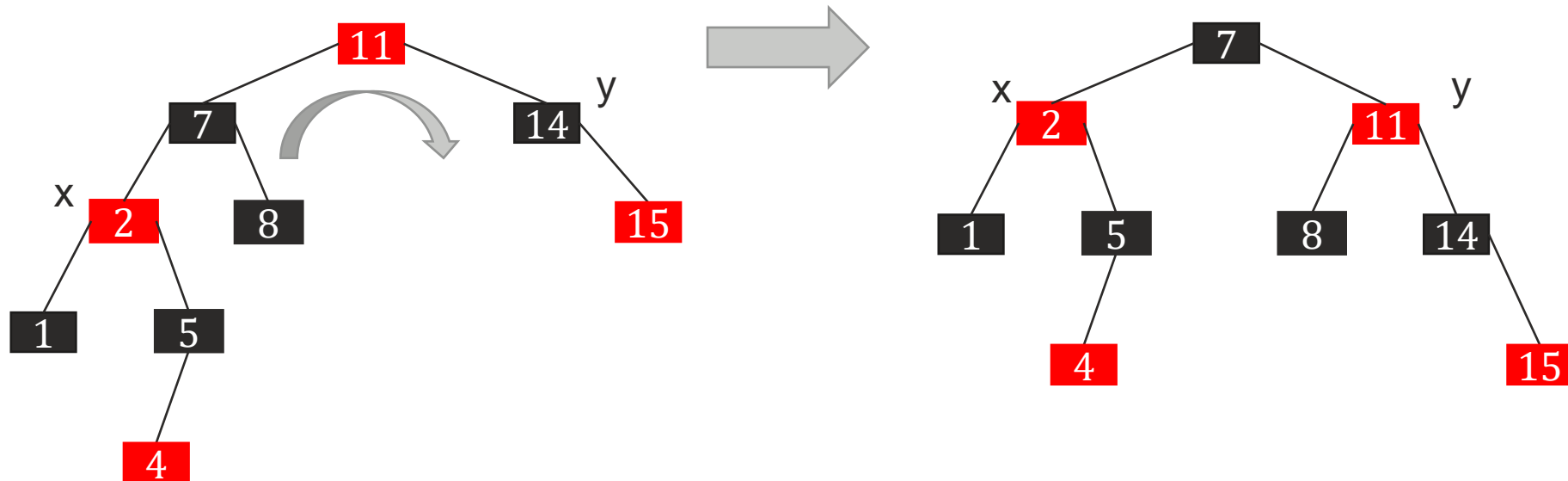
# Piros-Fekete fák – beszúrás

- 3. eset
  - ... akkor kicseréljük a színeket a szülő és a nagyszülő között ...



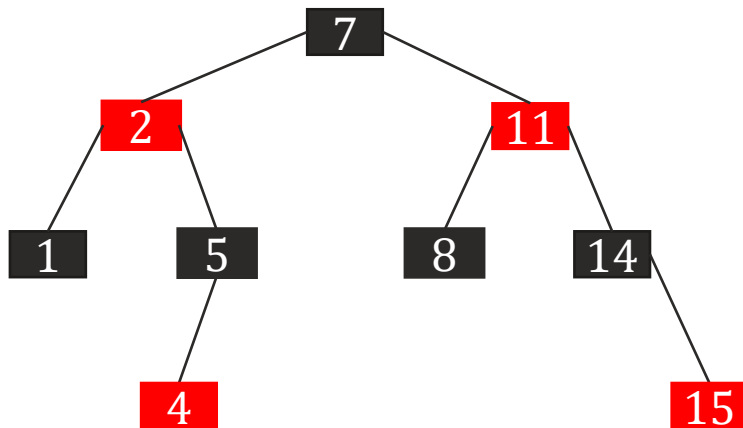
# Piros-Fekete fák – beszúrás

- 3. eset
  - ... akkor kicseréljük a színeket a szülő és a nagyszülő között
  - ... és forgatunk a szülő és a nagyszülő mentén jobbra



# Piros-Fekete fák – beszúrás

- 3. eset
  - ... akkor kicseréljük a színeket a szülő és a nagyszülő között
  - ... és forgatunk a szülő és a nagyszülő mentén jobbra
  - Ez most már PF fa



# Piros-Fekete fák – beszúrás

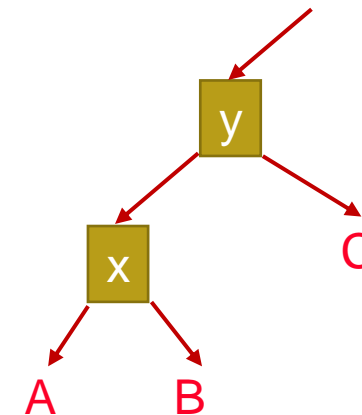
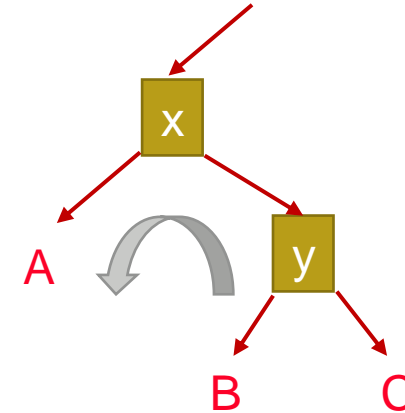
- Van egy ekvivalens esetszétválasztás, amikor a szülő a nagyszülő jobbján van!
  - Természetesen akkor az irányok megváltoznak, megfordul
    - Az azonos oldaliság vizsgálata megmarad
- Mindig addig megyünk felfelé, amíg az  $x$  szülője is piros

# Piros-Fekete fák – algoritmusok

- Forgatások:
  - BALRA-FORGAT, JOBBRA-FORGAT
  - Mindkettő megőrzi a kulcsok inorder sorrendjét
  - A művelet időigénye  $\mathcal{O}(1)$
  - A BALRA-FORGAT feltételezi, hogy  $\text{jobb}[x] \neq \text{NIL}$

**BALRA-FORGAT**( $T, x$ )

```
y ← jobb[x]; jobb[x] ← bal[y]
if bal[y] ≠ NIL
    then szülő[bal[y]] ← x
szülő[y] ← szülő[x]
if szülő[x] = NIL
    then gyökér[T] ← y
else if x = bal[szülő[x]]
    then bal[szülő[x]] ← y
    else jobb[szülő[x]] ← y
bal[y] ← x
szülő[x] ← y
```





# Piros-Fekete fák – algoritmusok

- Lehetséges esetek annak megfelelően, hogy az  $x$ , illetve  $x$  szülője bal- vagy jobbgyerek-e, és hogy milyen színű a nagybácsi, illetve a nagyszülő:
  1. eset: szülő és nagybácsi piros, nagyszülő fekete
    - oldaltól nem függ
  2. eset: szülő piros, nagybácsi fekete,  $x$  jobbgyerek
    - ellenkező oldali gyerek (balra forgatok, így 3.eset)
  3. eset: szülő piros, nagybácsi fekete,  $x$  balgyerek
    - azonos oldali gyerek

# Piros-Fekete fák – algoritmusok

## PF-Fába-beszúr(T,x)

Fába-beszúr(T,x) -- beszúrom a bináris keresőfába

szín[x]←PIROS

while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]]=PIROS do

  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then

    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]

    if szín[y] = PIROS then

      szín[szülő[x]]← FEKETE --1. eset

      szín[y] ← FEKETE --1. eset

      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS --1. eset

      x←szülő[szülő[x]] --1. eset

  else if x = jobb[szülő[x]] then

    x←szülő[x] --2. eset

    BALRA-FORGAT(T,x) --2. eset

    szín[szülő[x]]← FEKETE --3. eset

    szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS --3. eset

    JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset

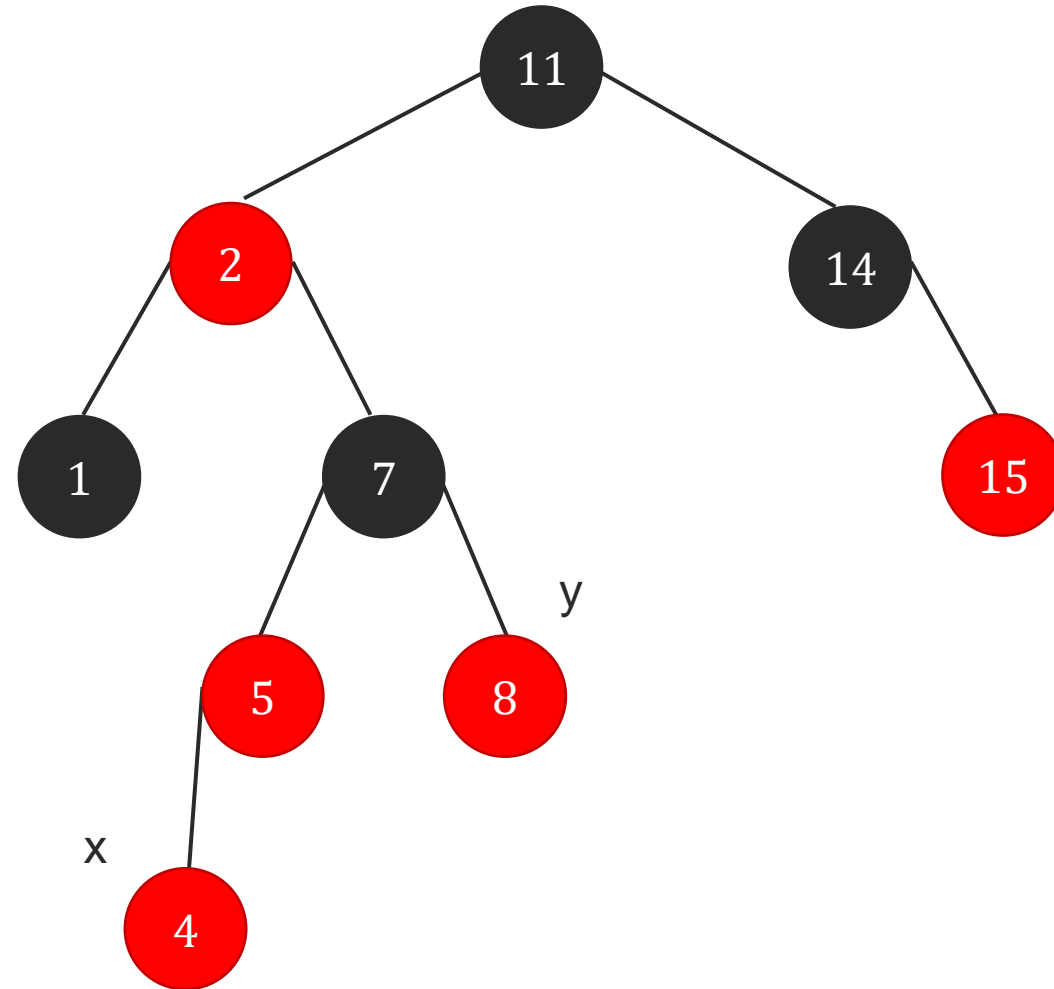
else

  -- Az előzőeknek szerint, csak az oldalak fordítva

szín[gyökér[T]]← FEKETE

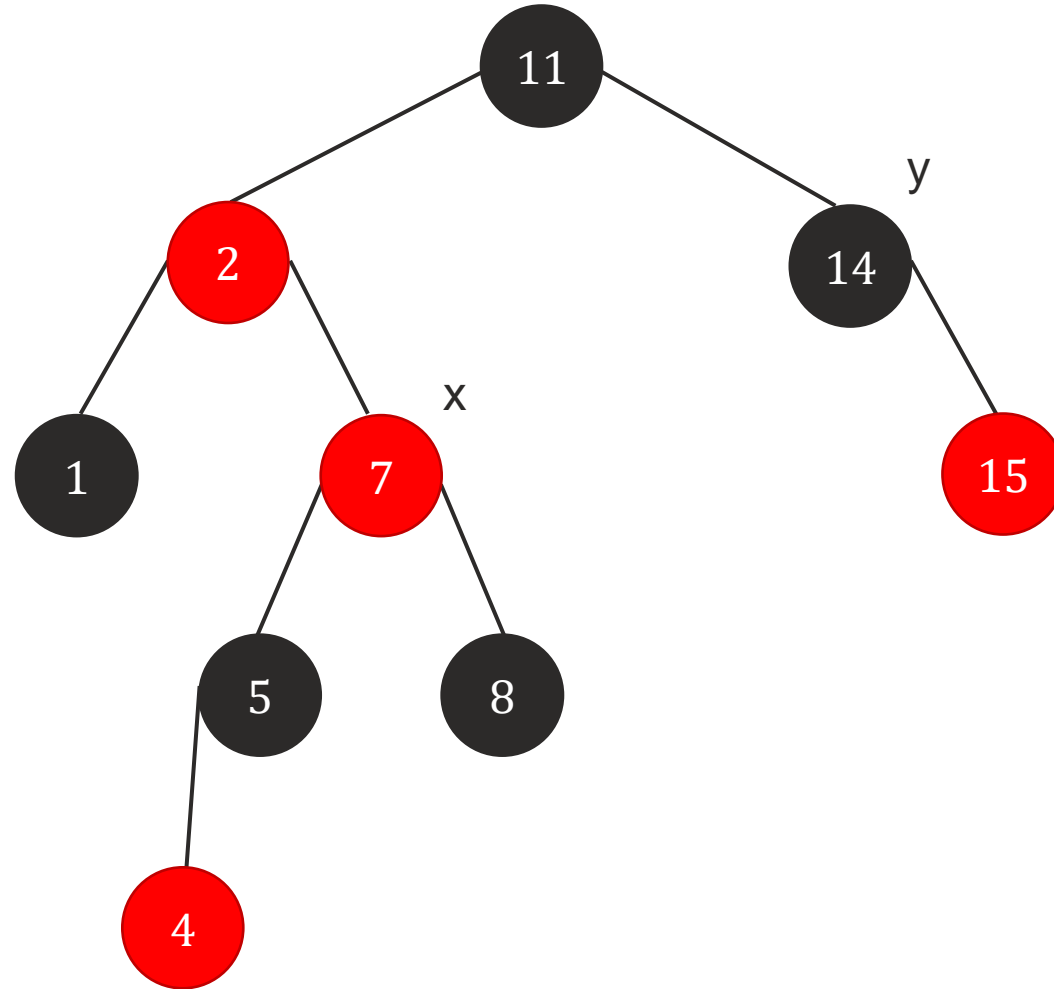
# Példa

- Fába-beszúrral betettük x-et, és pirosra színeztük.
- Mivel a szülője is piros, így a 3. tulajdonság nem teljesül.
- y – a jobb nagybácsi is piros, tehát 1. eset áll fenn ...



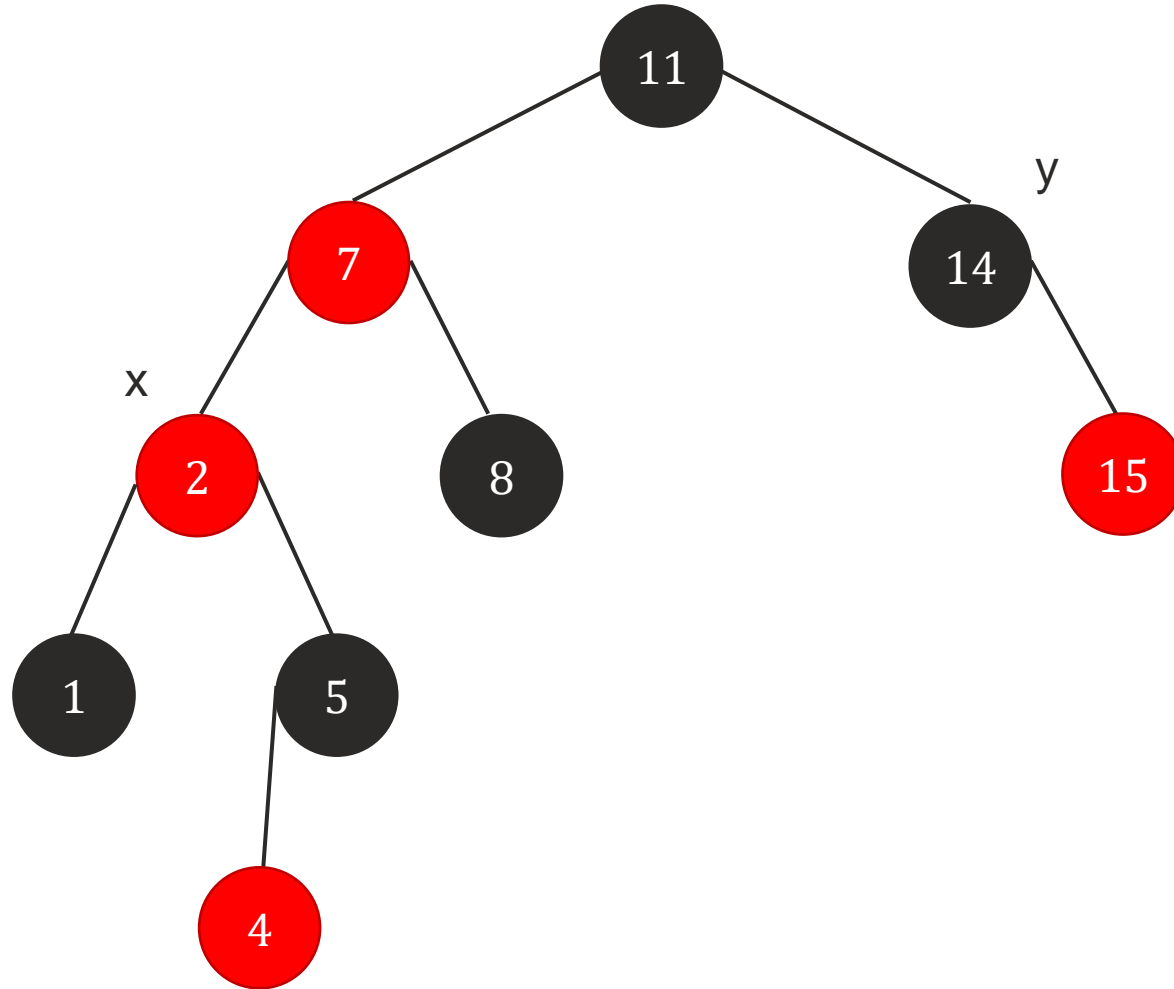
# Példa

- x feljebb kerül, x és az apja szintén piros, de most a jobb nagybácsi fekete, és x jobb fia szülőjének
- 2. eset, balraforgatás ...



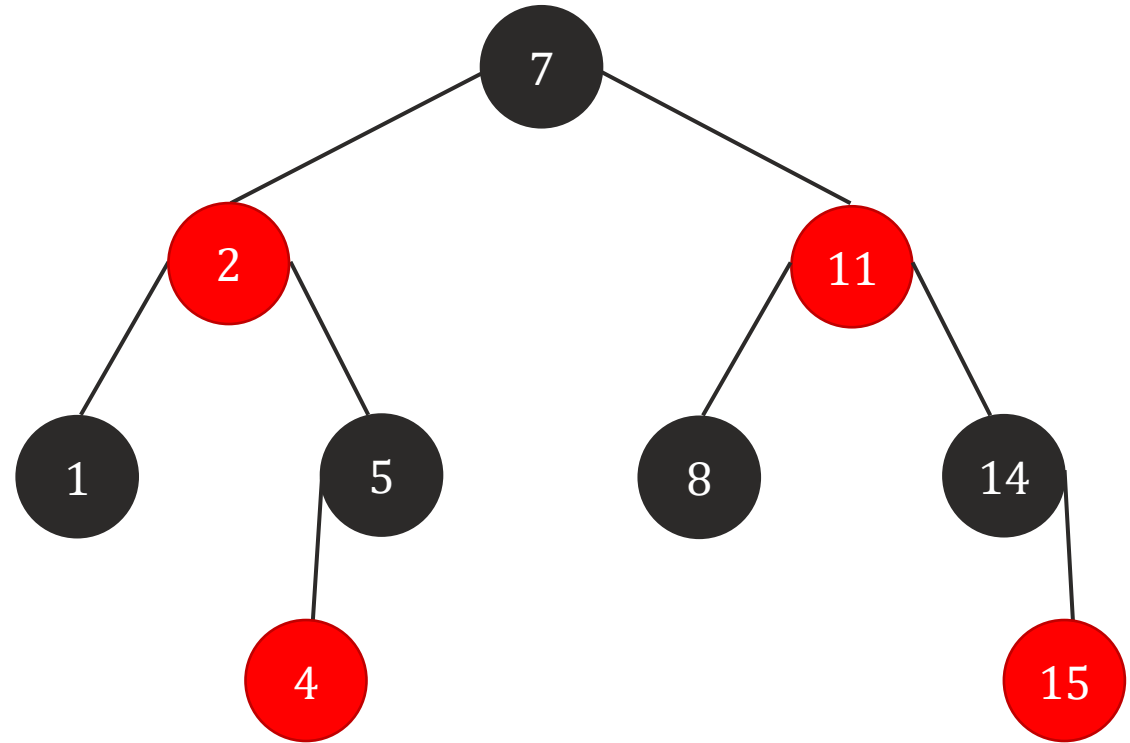
# Példa

- most már x bal fia szülőjének
- ez a 3. eset, így x nagyszülőjének jobbraforgatása és a színek cseréje jön ...



# Példa

- ... és kész a piros-fekete fa



# Piros-Fekete fa

Jelölések:

- Fekete csúcs
- Piros csúcs
- NIL csúcs

20

20



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket:

```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]]=PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]]← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --1. eset
      x←szülő[szülő[x]]                --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x←szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T,x)                --2. eset
      szín[szülő[x]]← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]]← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --1. eset
      x←szülő[szülő[x]]                --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x←szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T,x)                --2. eset
      szín[szülő[x]]← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]]← FEKETE
```



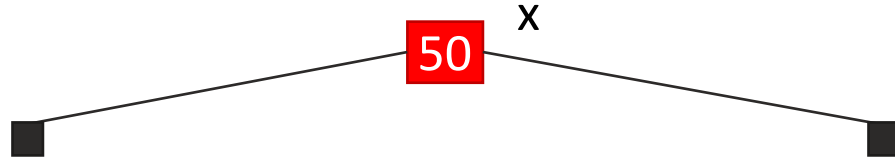
# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 50

```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]]=PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]]← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --1. eset
      x←szülő[szülő[x]]                --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x←szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T,x)                --2. eset
      szín[szülő[x]]← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]]← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --1. eset
      x←szülő[szülő[x]]                --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x←szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T,x)                --2. eset
      szín[szülő[x]]← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]]←PIROS      --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]]← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

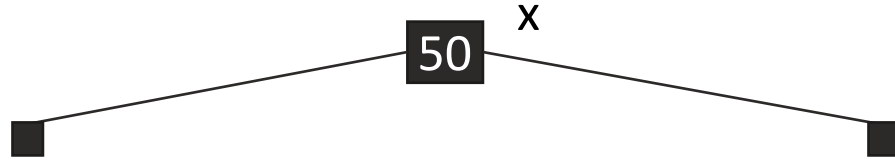
- Szúrjunk be elemeket: 50



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                       --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                       --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

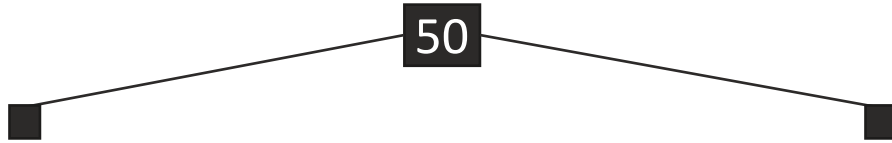
- Szúrjunk be elemeket: 50



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                      --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

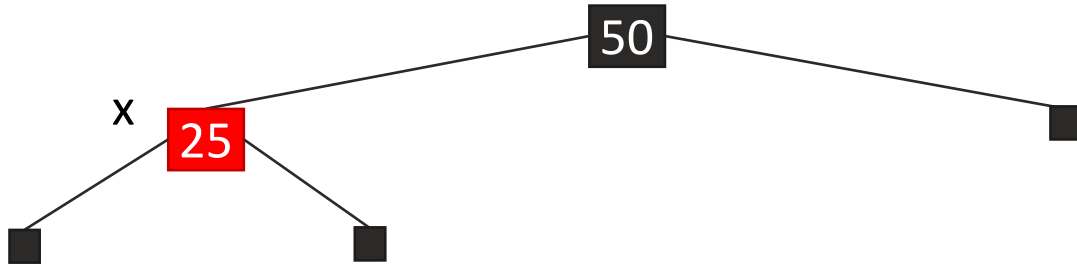
- Szúrjunk be elemeket: 25



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

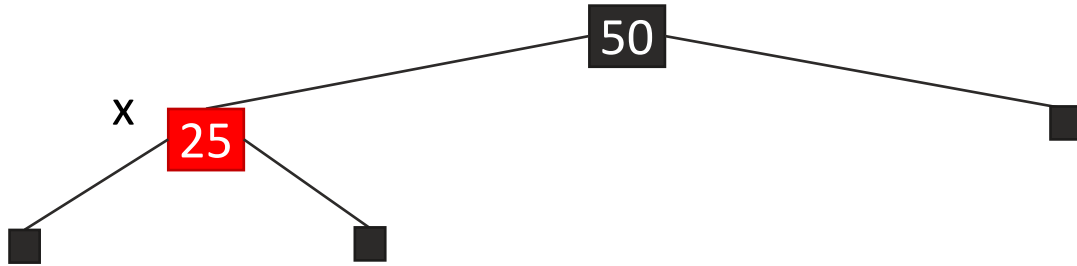
- Szúrjunk be elemeket: 25



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

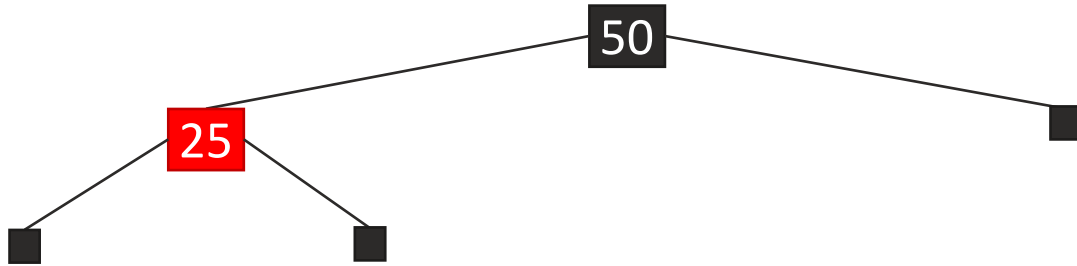
- Szúrjunk be elemeket: 25



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

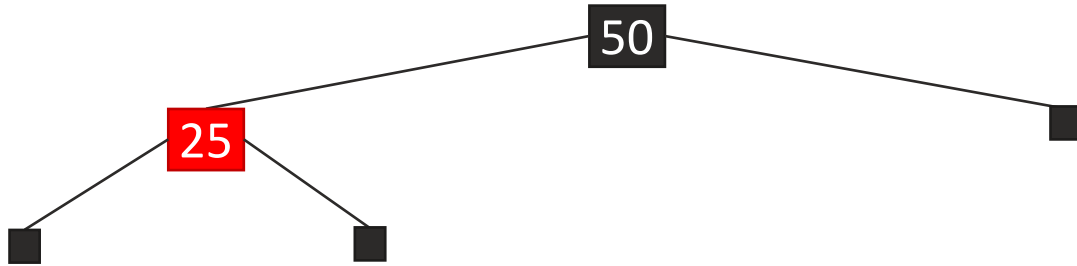
- Szúrjunk be elemeket: 25



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE       --1. eset
        szín[y] ← FEKETE             --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]          --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                 --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)          --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE       --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 12

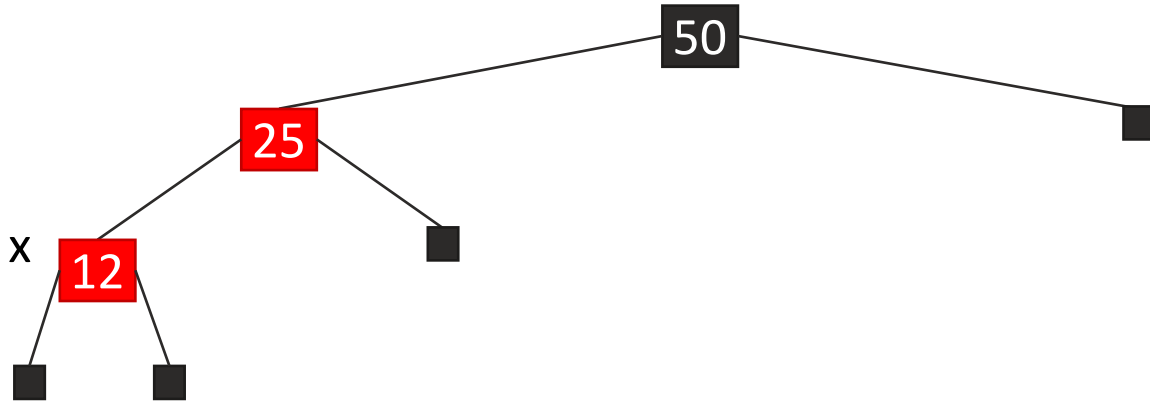


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

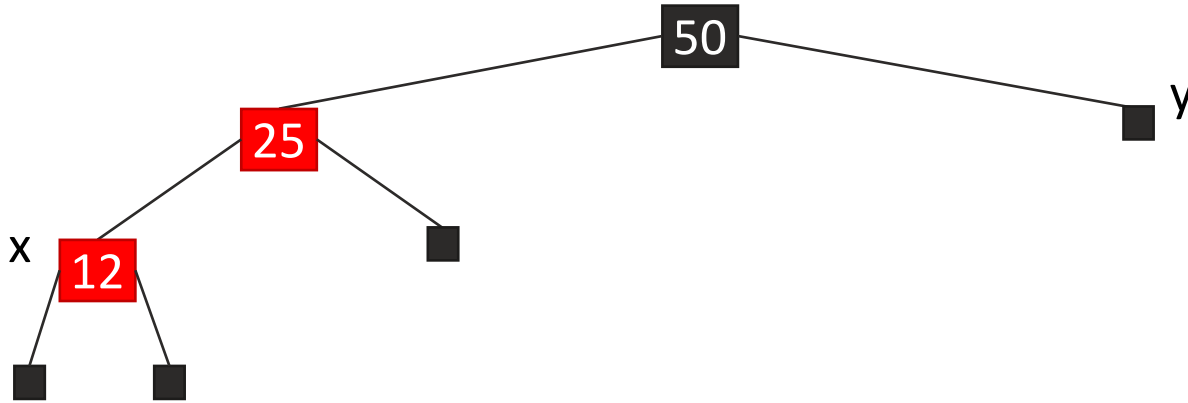
- Szúrjunk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                      --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

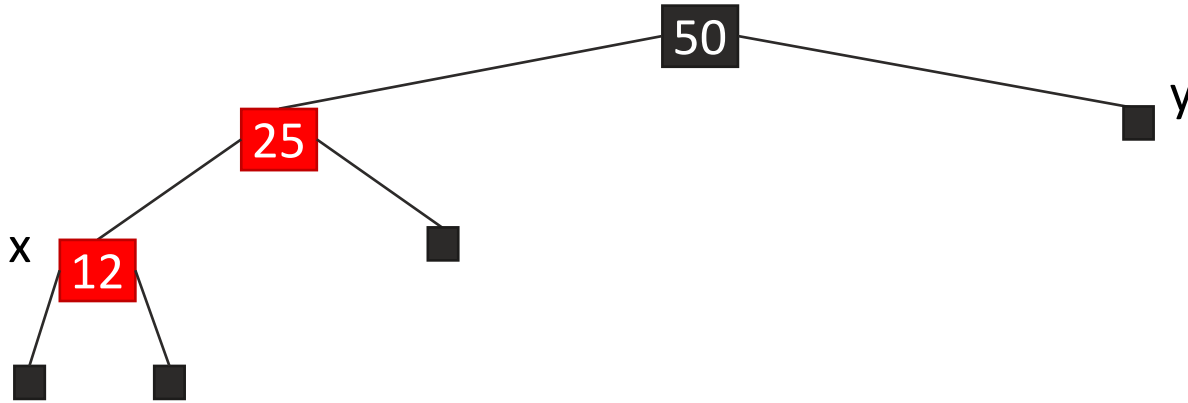
- Szúrjunk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

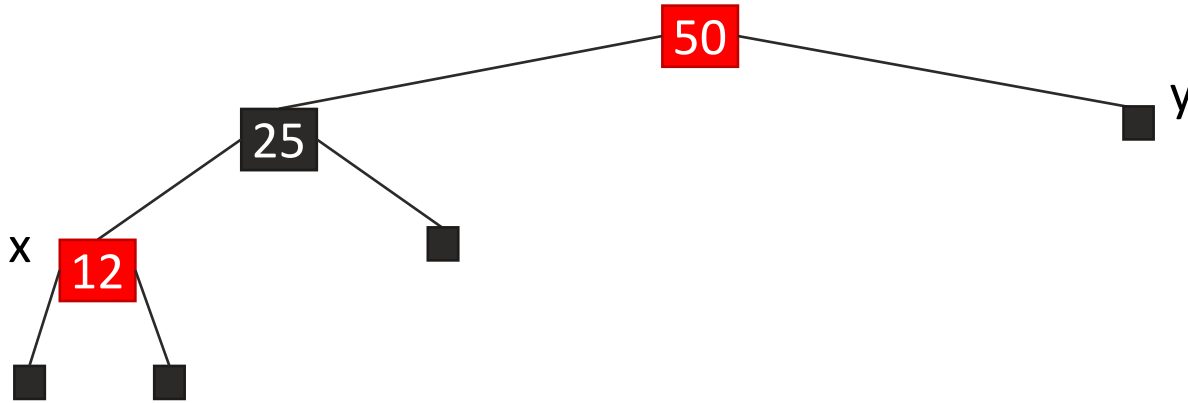
- Szúrjunk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

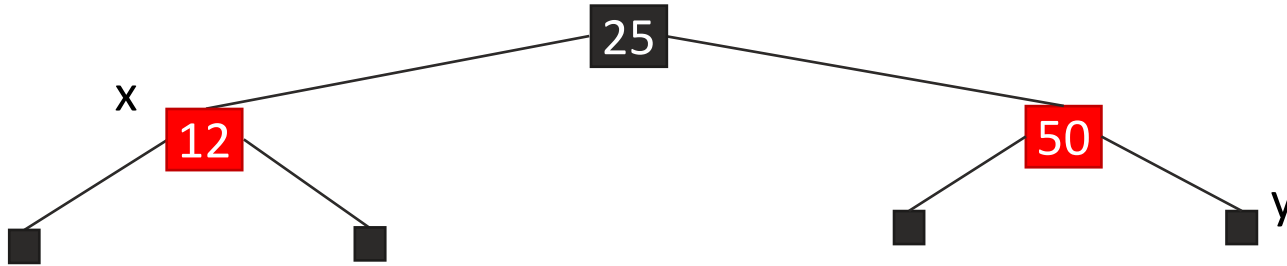
- Szúrjunk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszűrés utáni kiegyensúlyozás

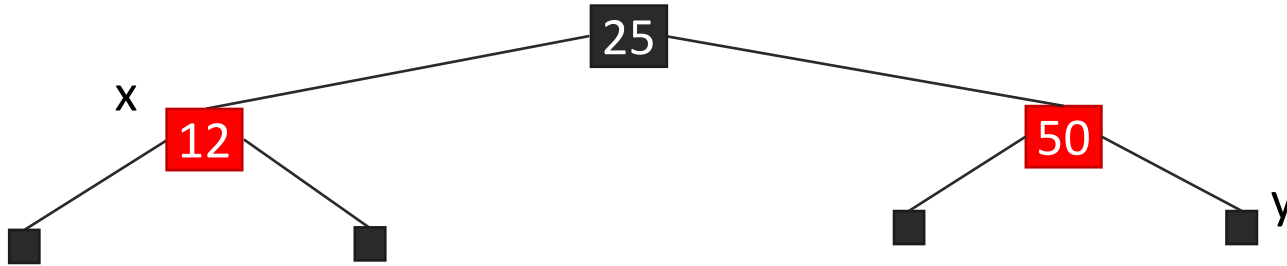
- Szűrjünk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

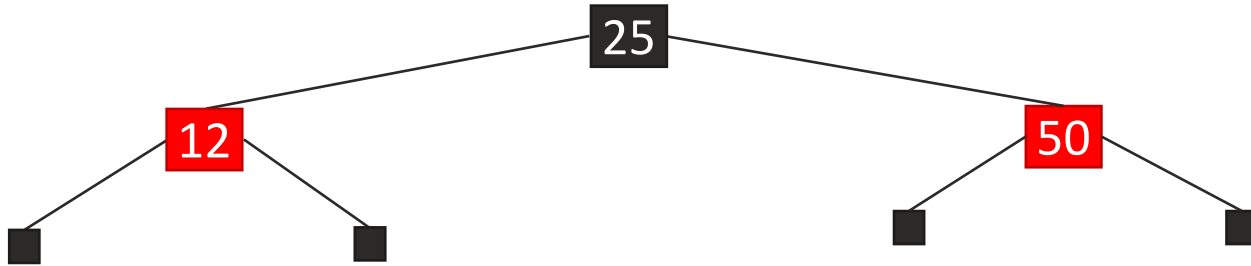
- Szúrjunk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

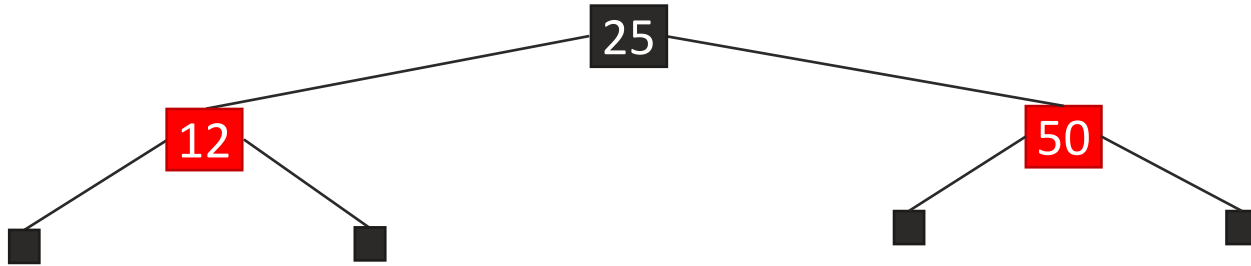
- Szúrjunk be elemeket: 12



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 35

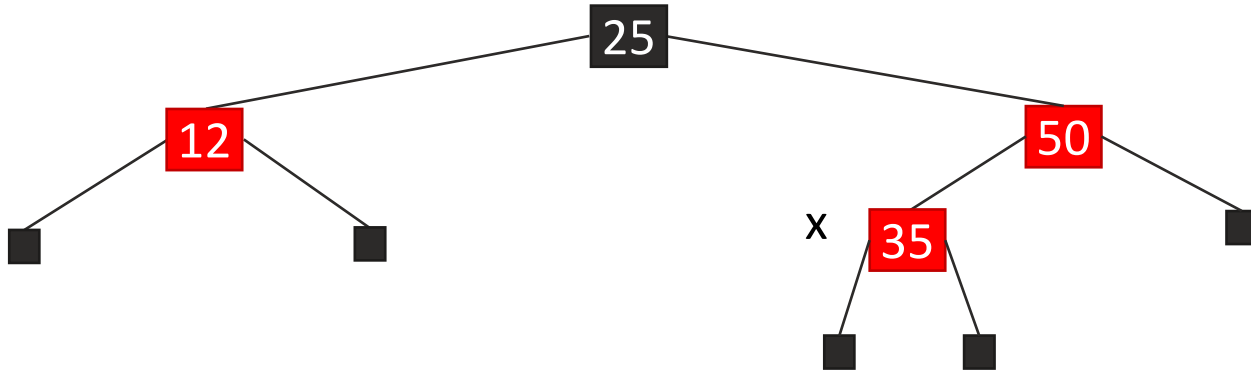


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

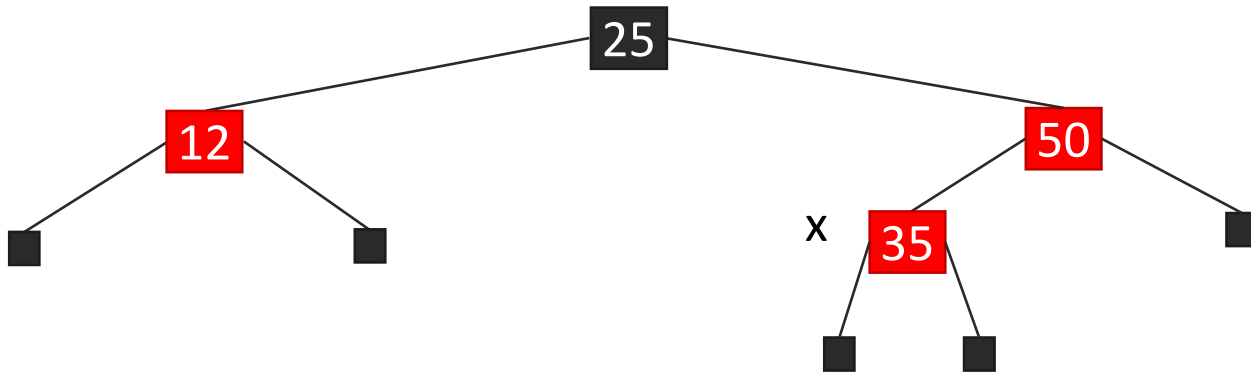
- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

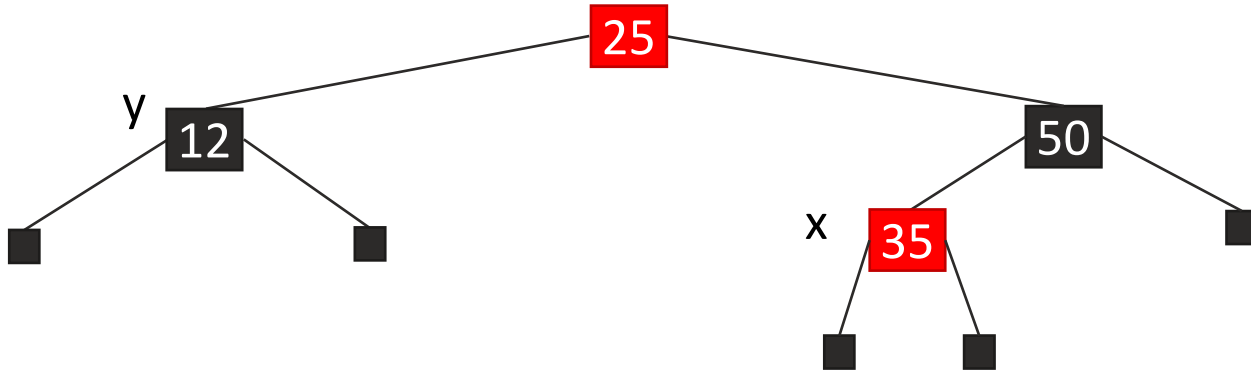
- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

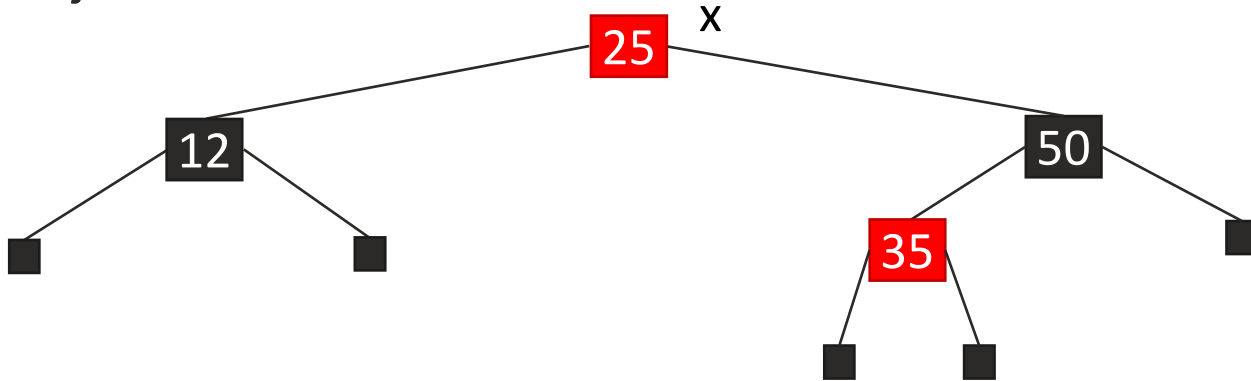
- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                    --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)              --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                    --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)              --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

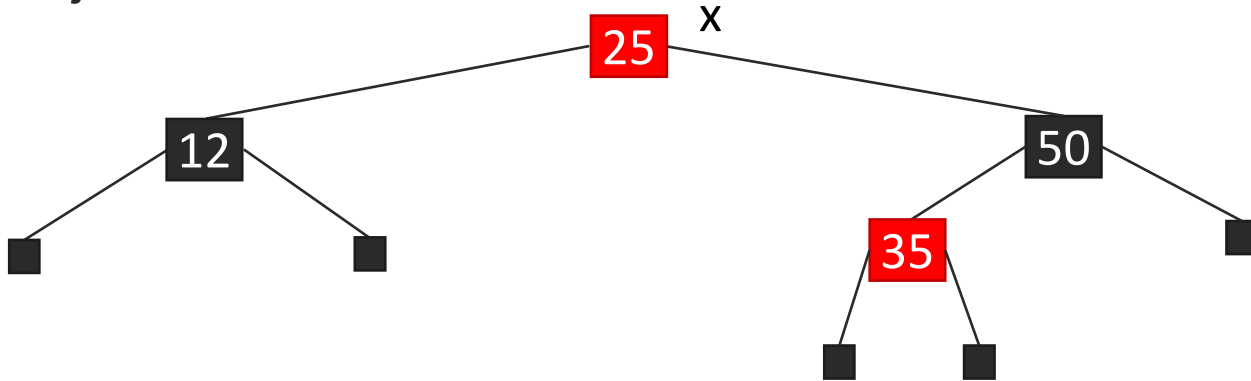
- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

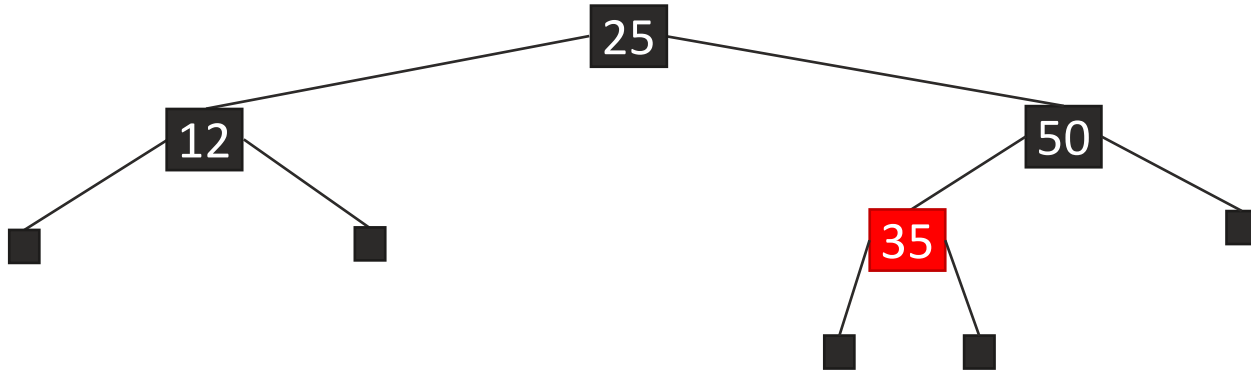
- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

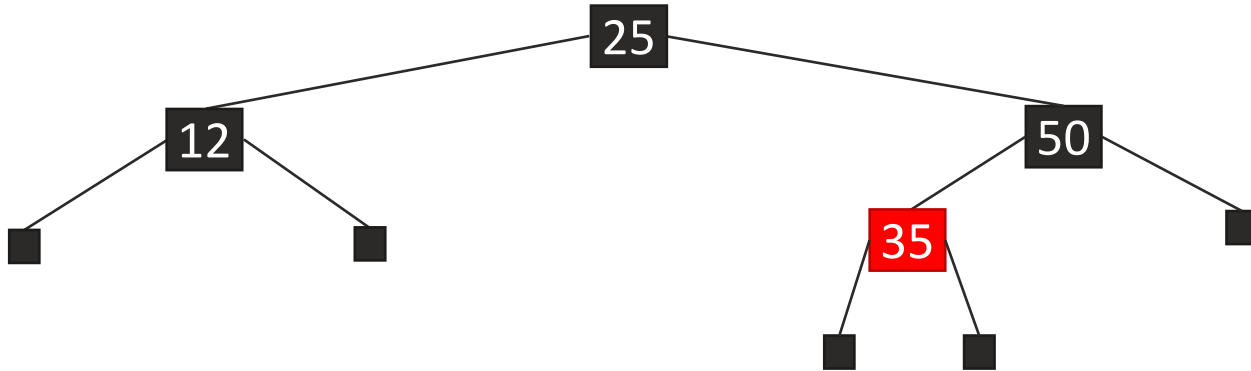
- Szúrjunk be elemeket: 35



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 35

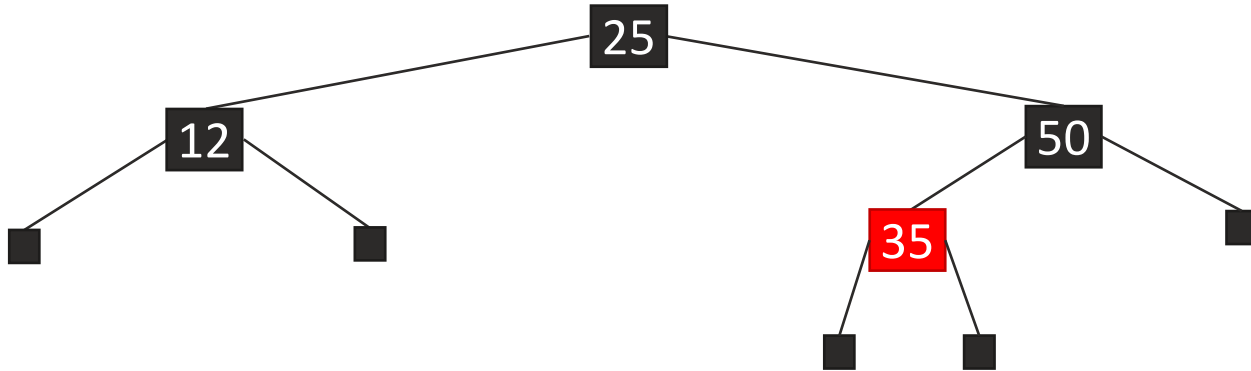


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE       --1. eset
        szín[y] ← FEKETE              --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]           --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                  --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)           --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE        --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

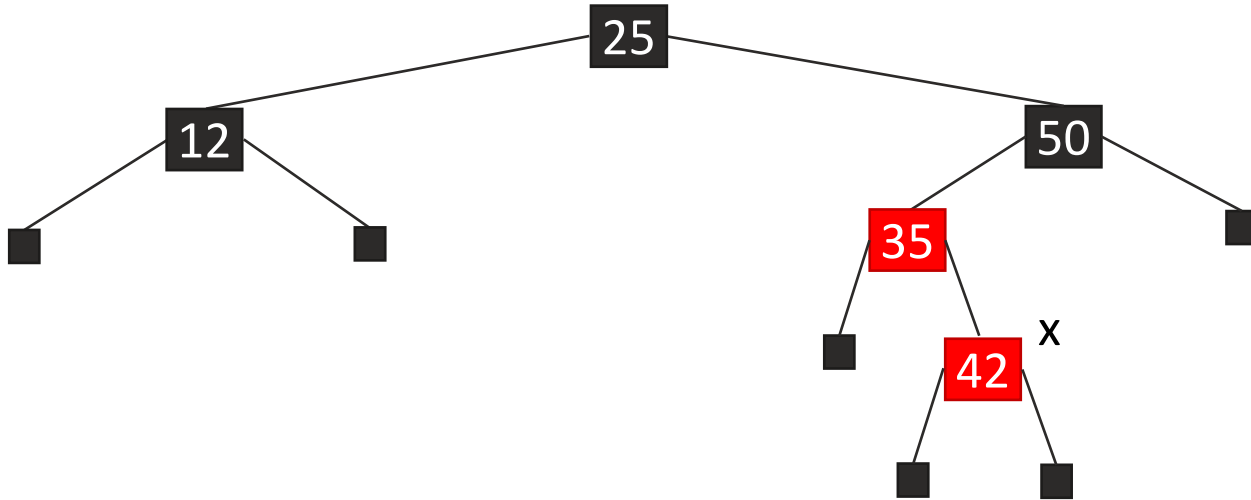
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

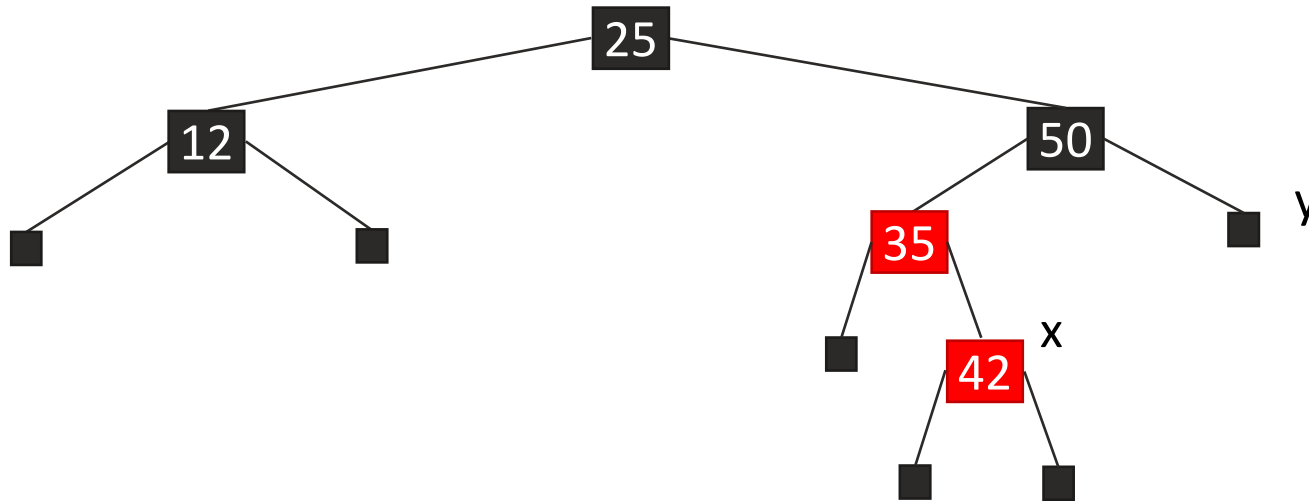
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

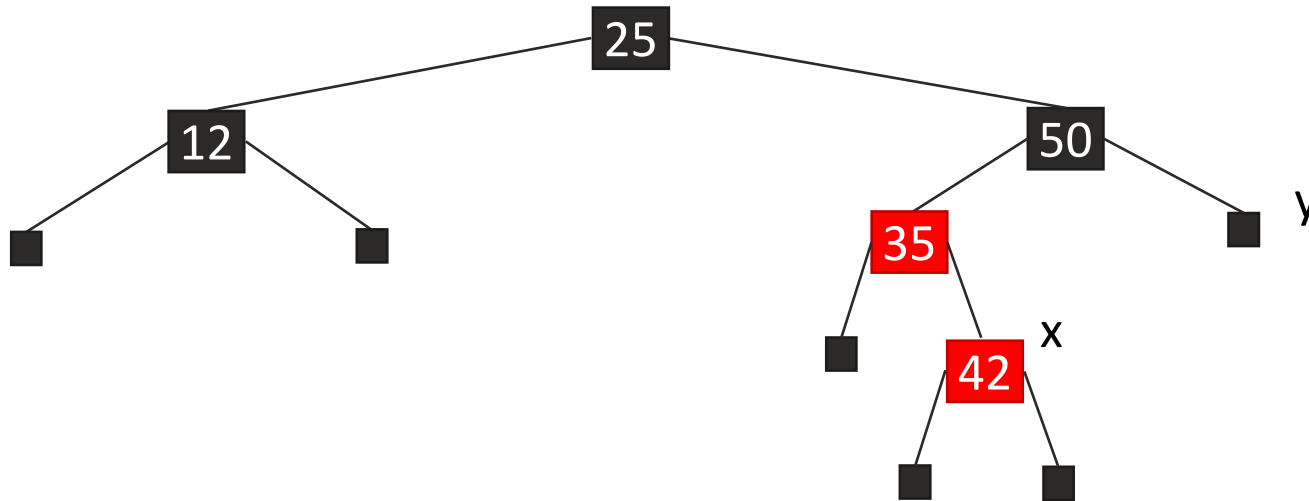
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

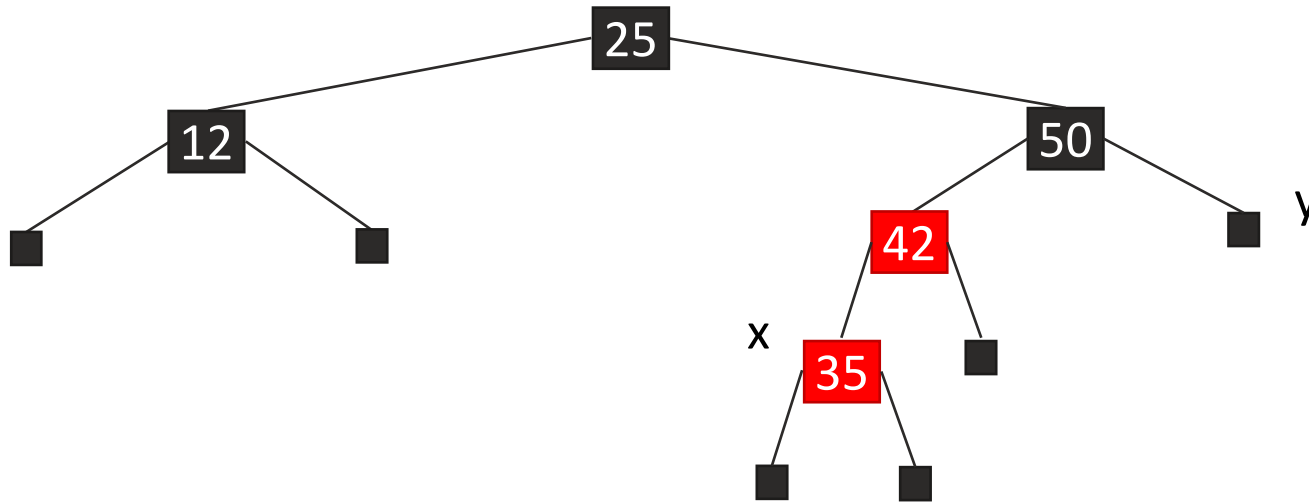
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

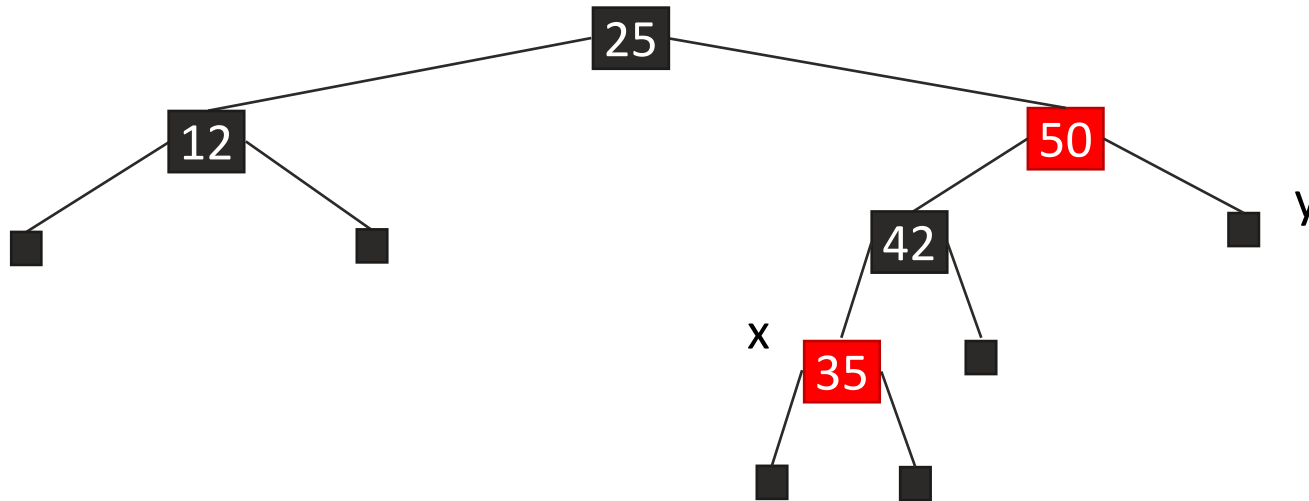
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

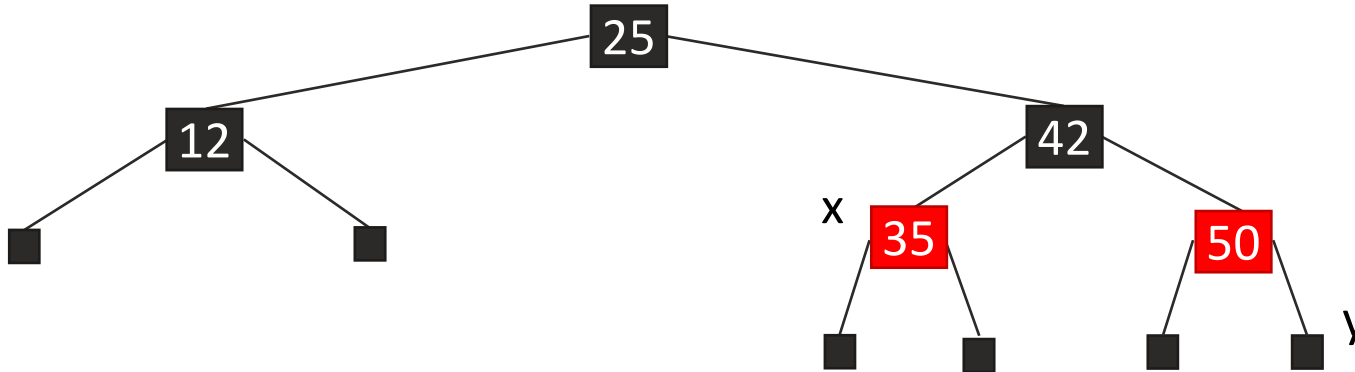
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

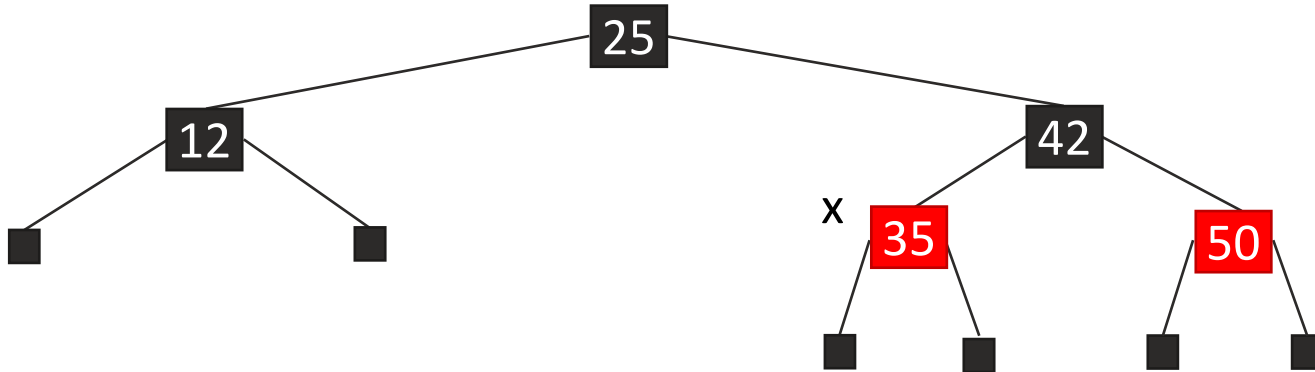
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 42

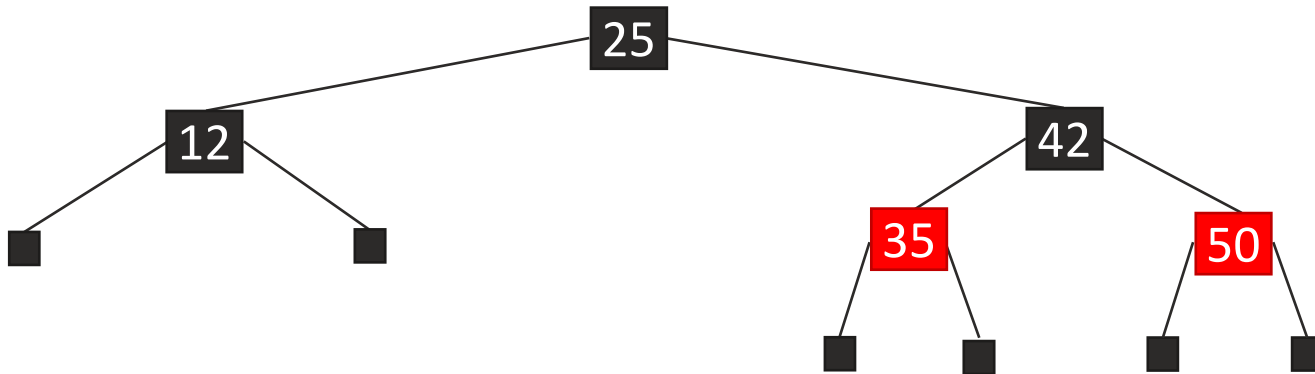


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

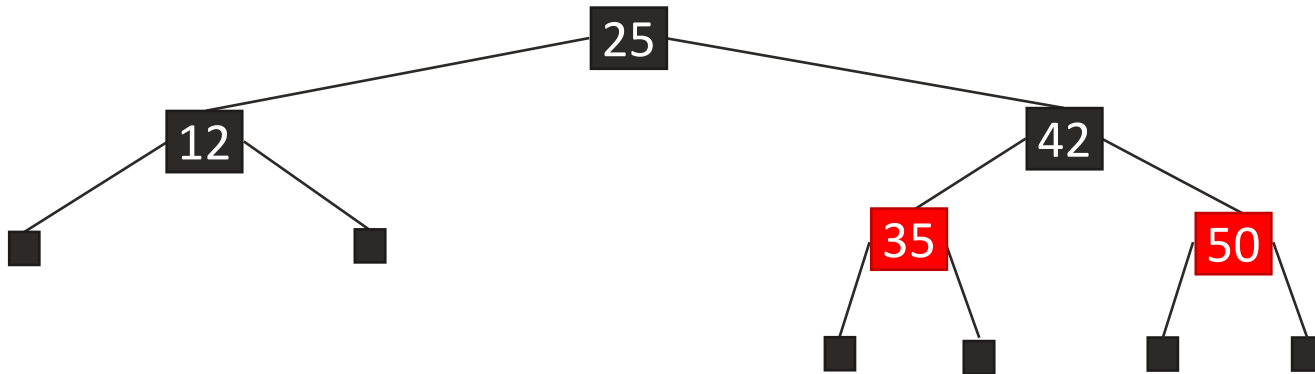
- Szúrjunk be elemeket: 42



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

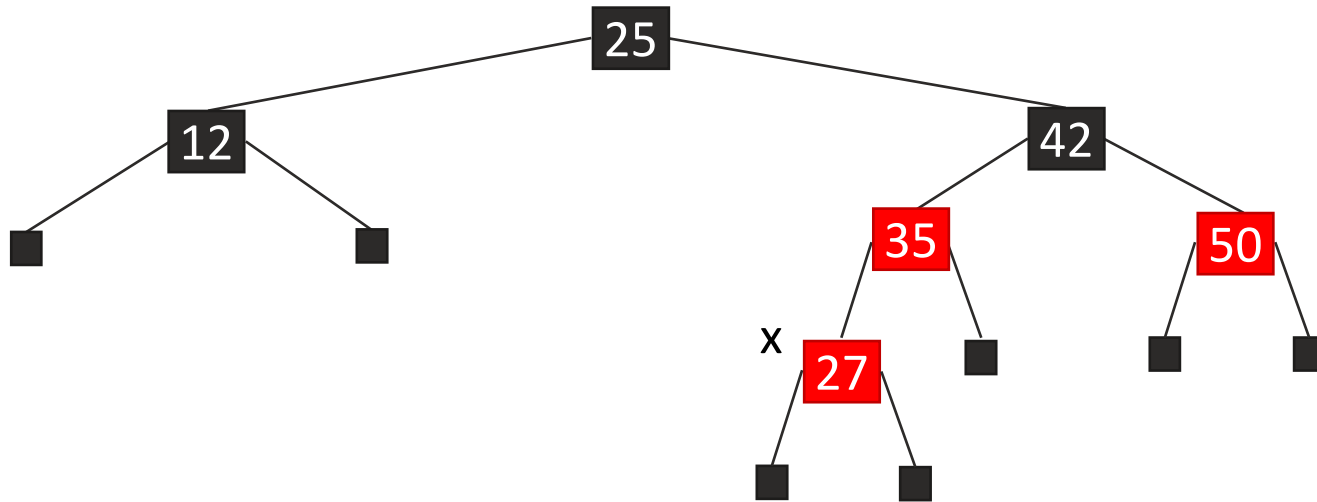
- Szúrjunk be elemeket: 27



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

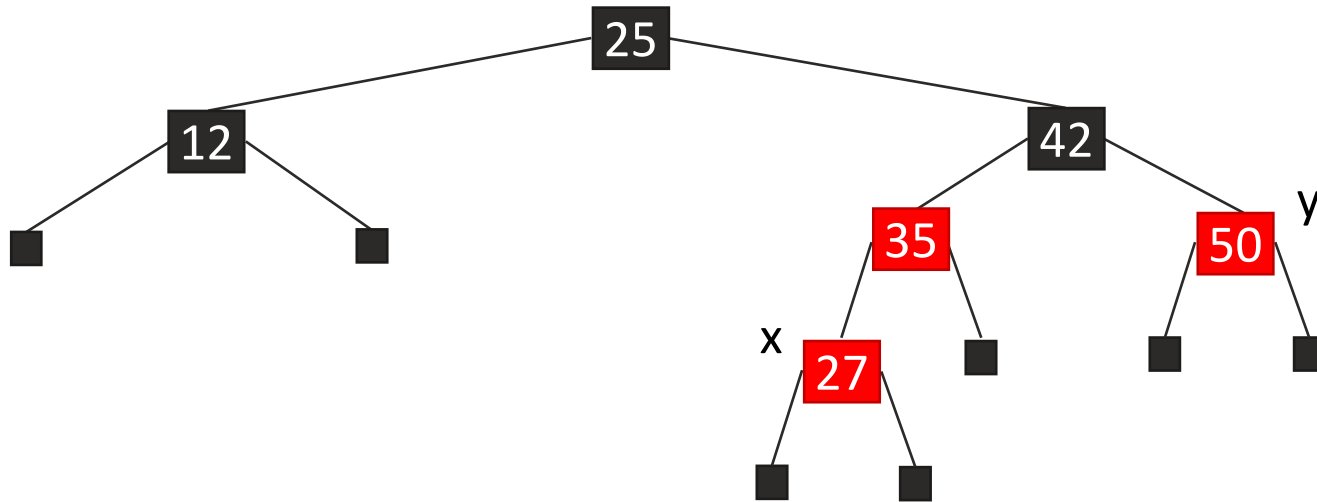
- Szúrjunk be elemeket: 27



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

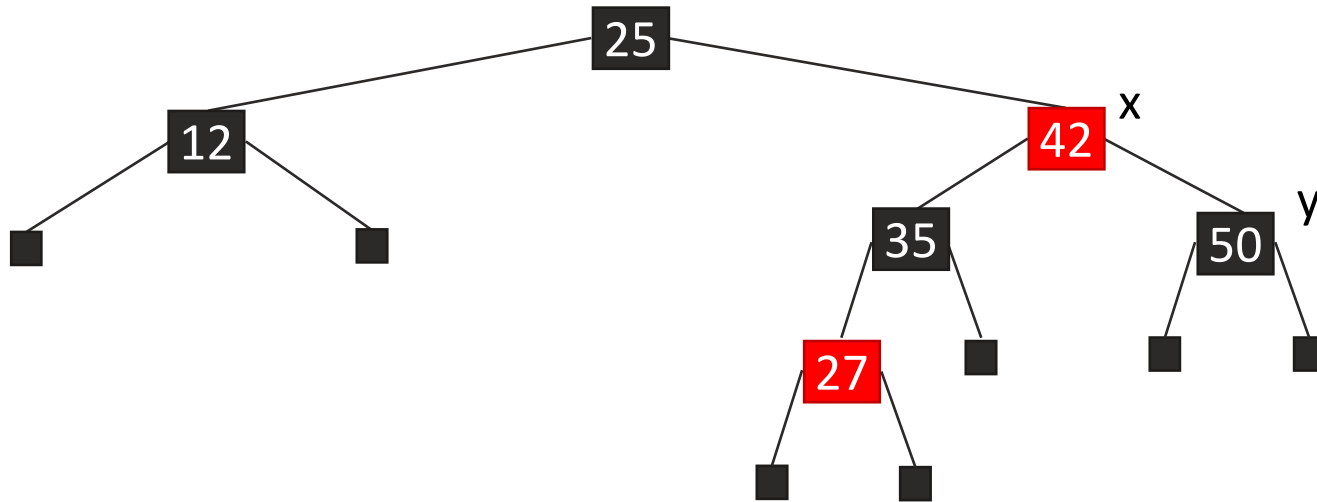
- Szúrjunk be elemeket: 27



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

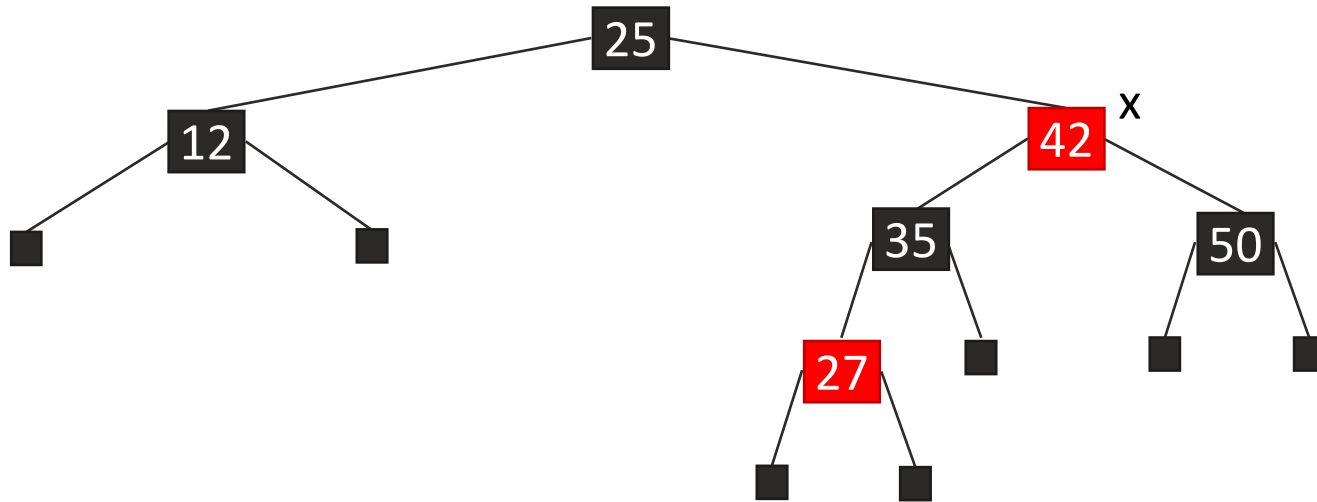
- Szúrjunk be elemeket: 27



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                       --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS      --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                       --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                 --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE            --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS      --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

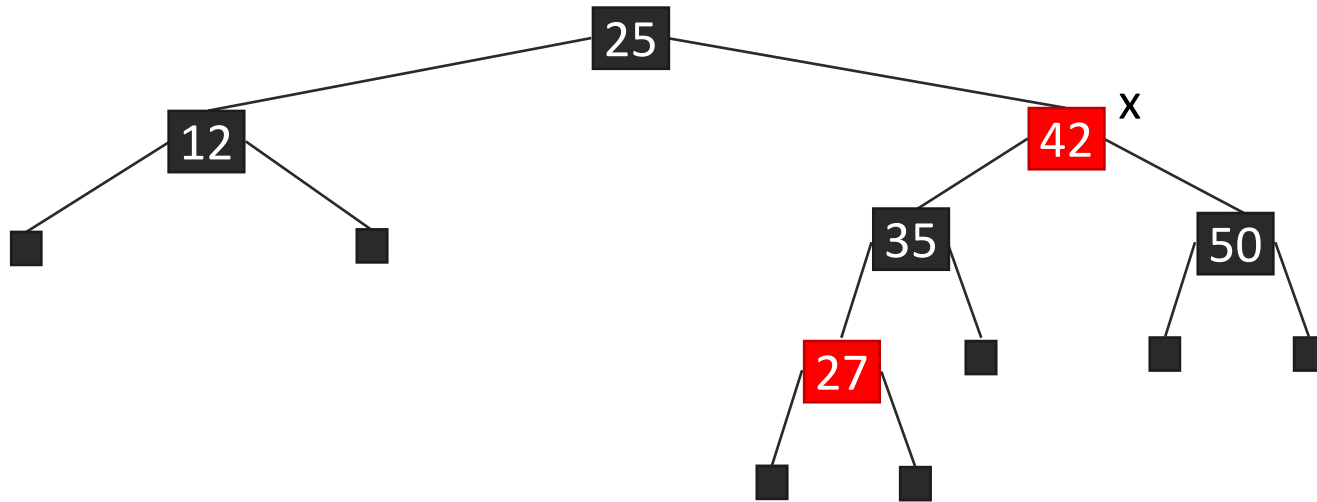
- Szúrjunk be elemeket: 27



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

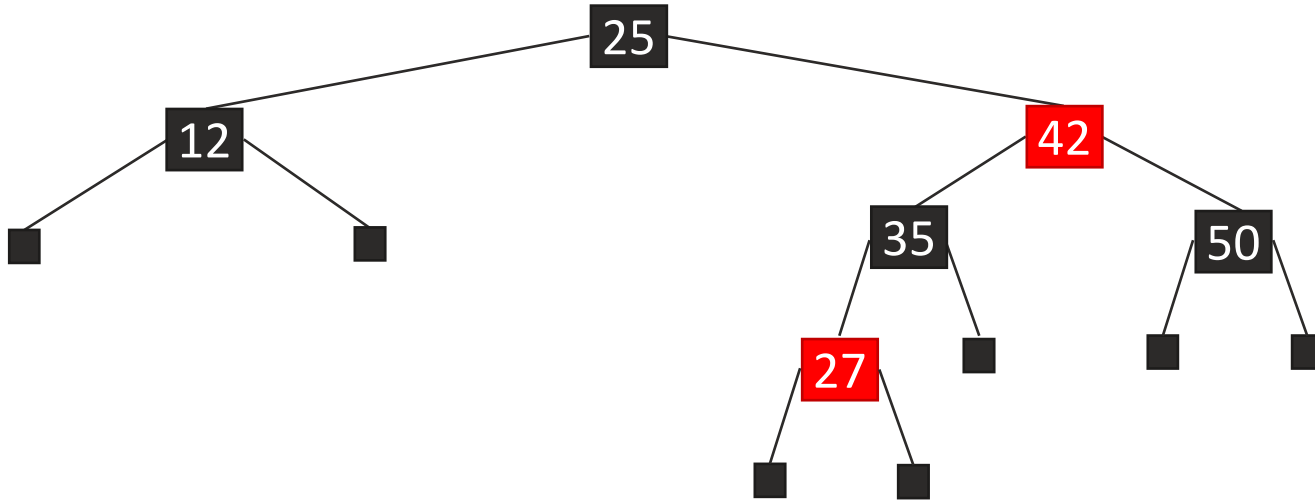
- Szúrjunk be elemeket: 27



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]]=PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T,x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T,x)                --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 27

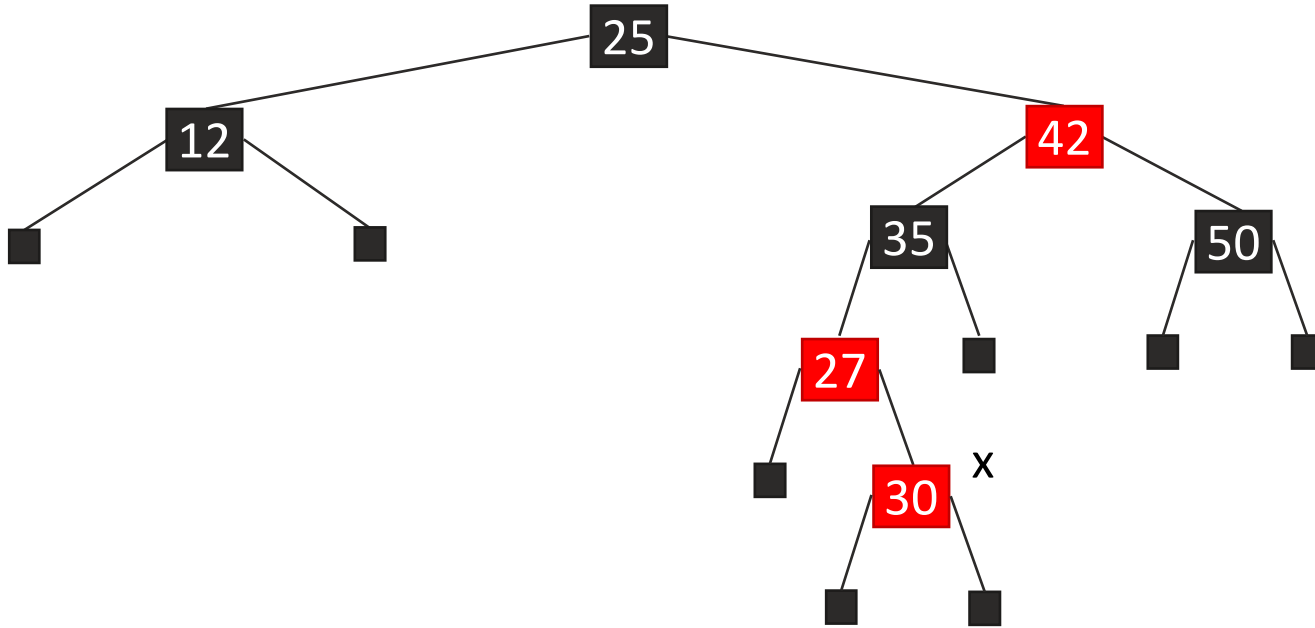


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

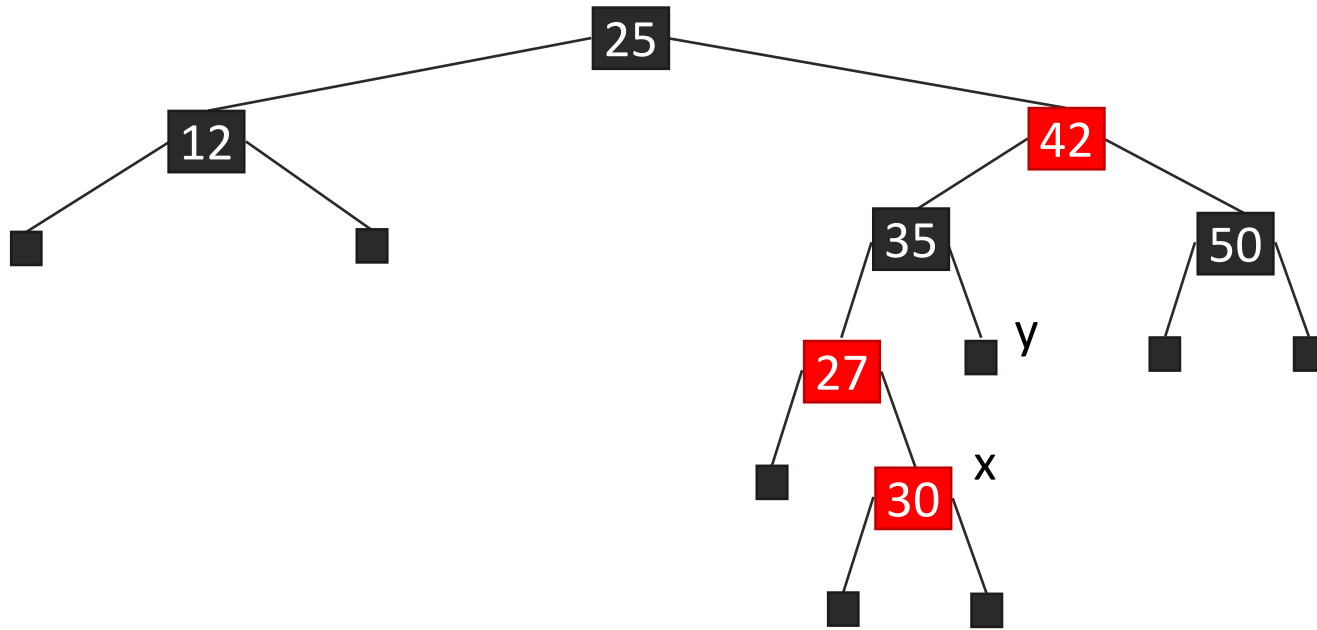
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

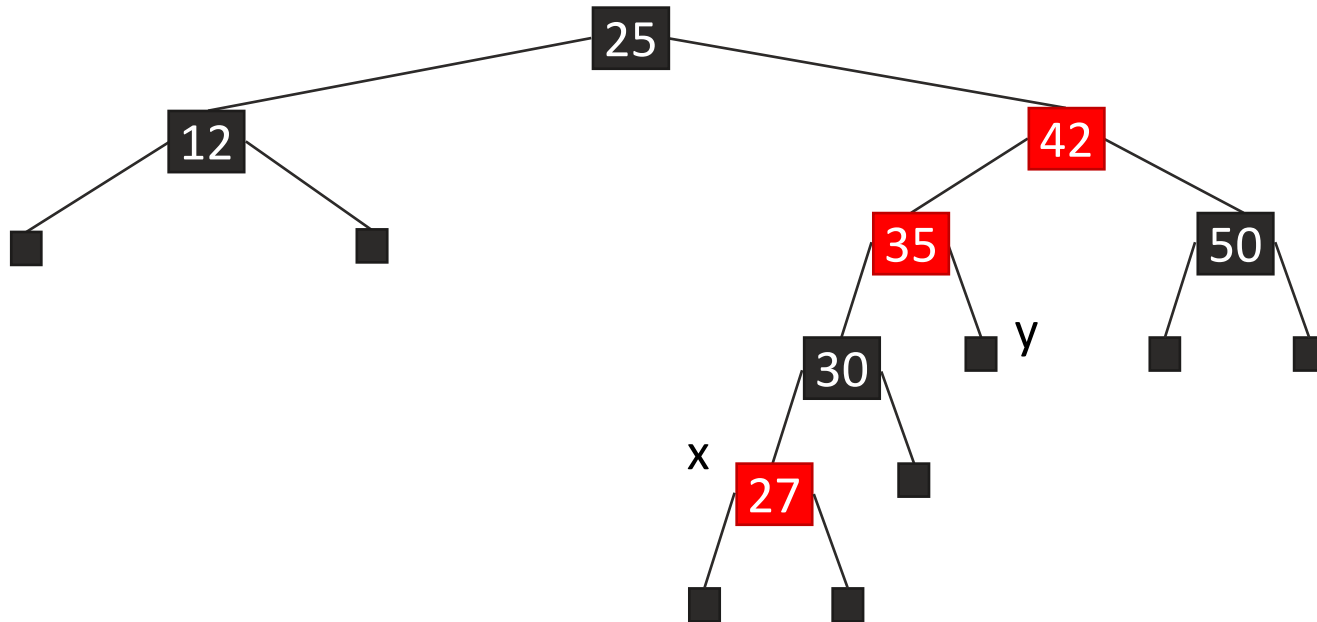
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

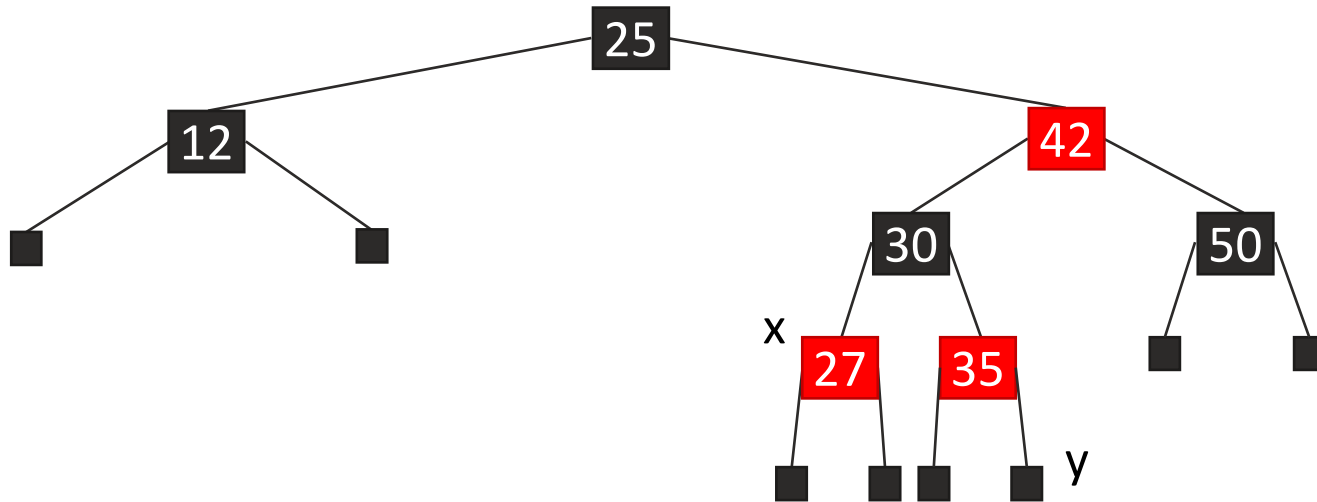
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

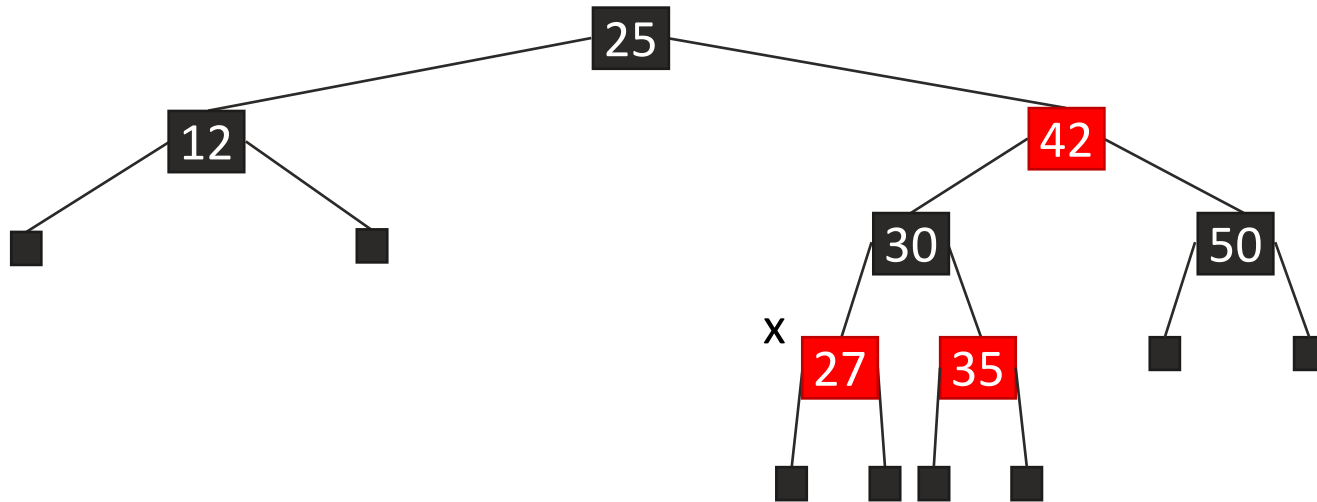
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

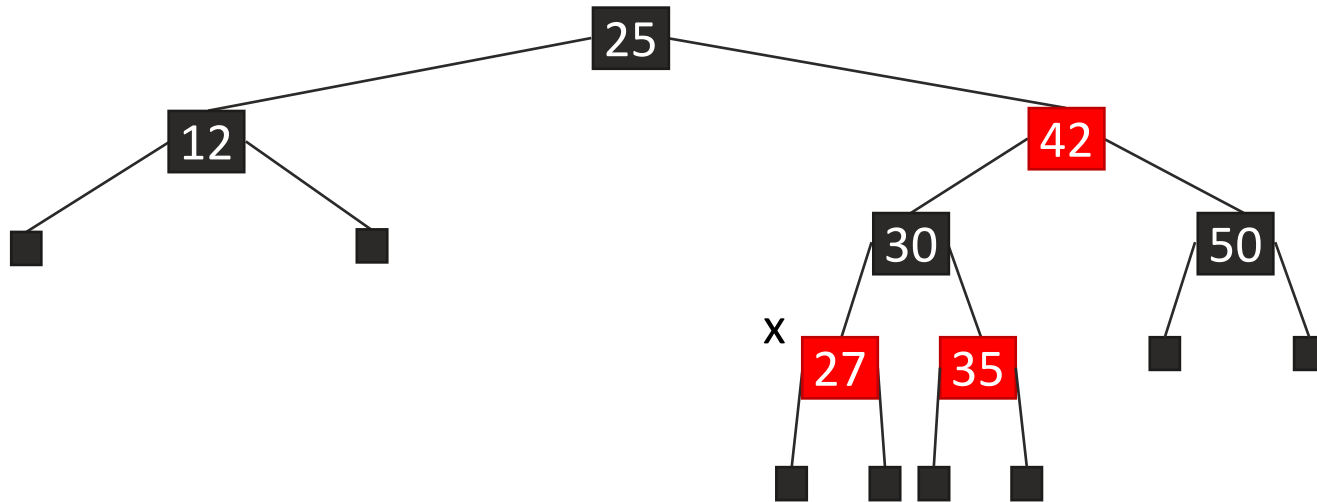
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

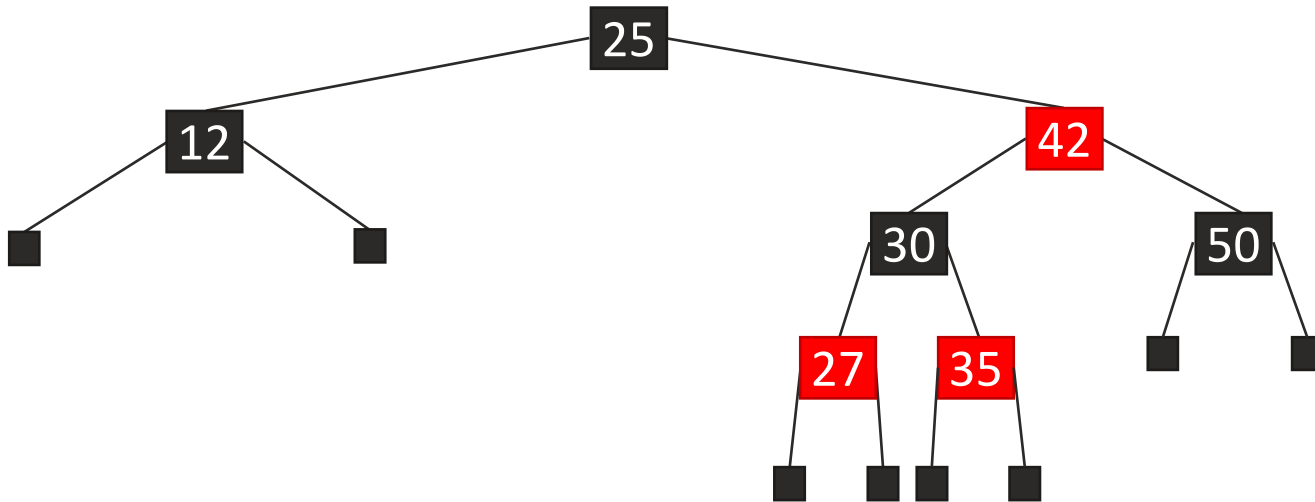
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

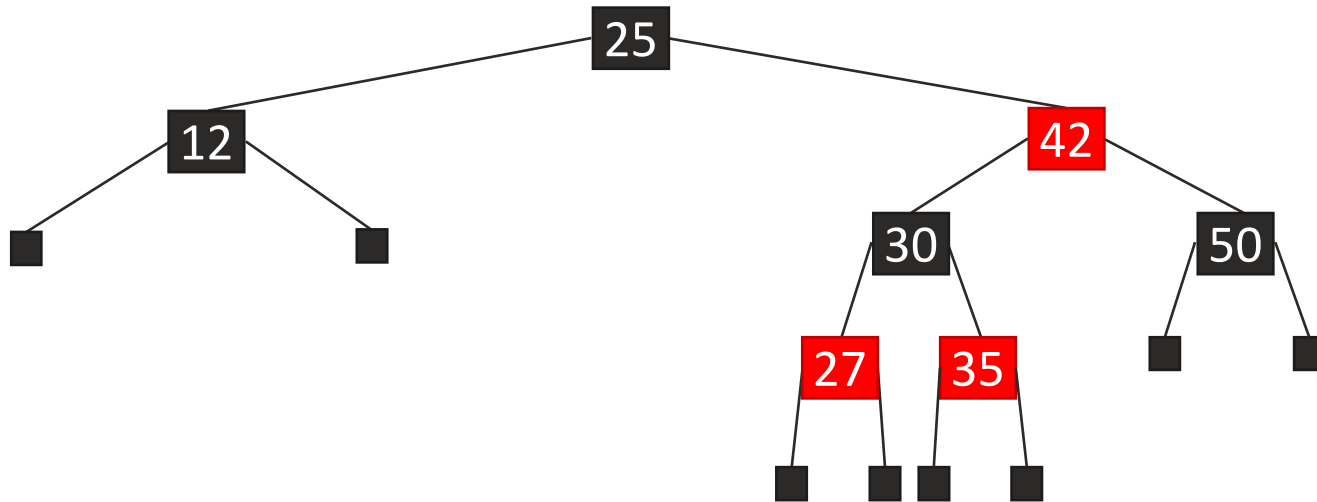
- Szúrjunk be elemeket: 30



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]                --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                       --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                  --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE             --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS      --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]                --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                       --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)                  --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE             --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS      --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 37

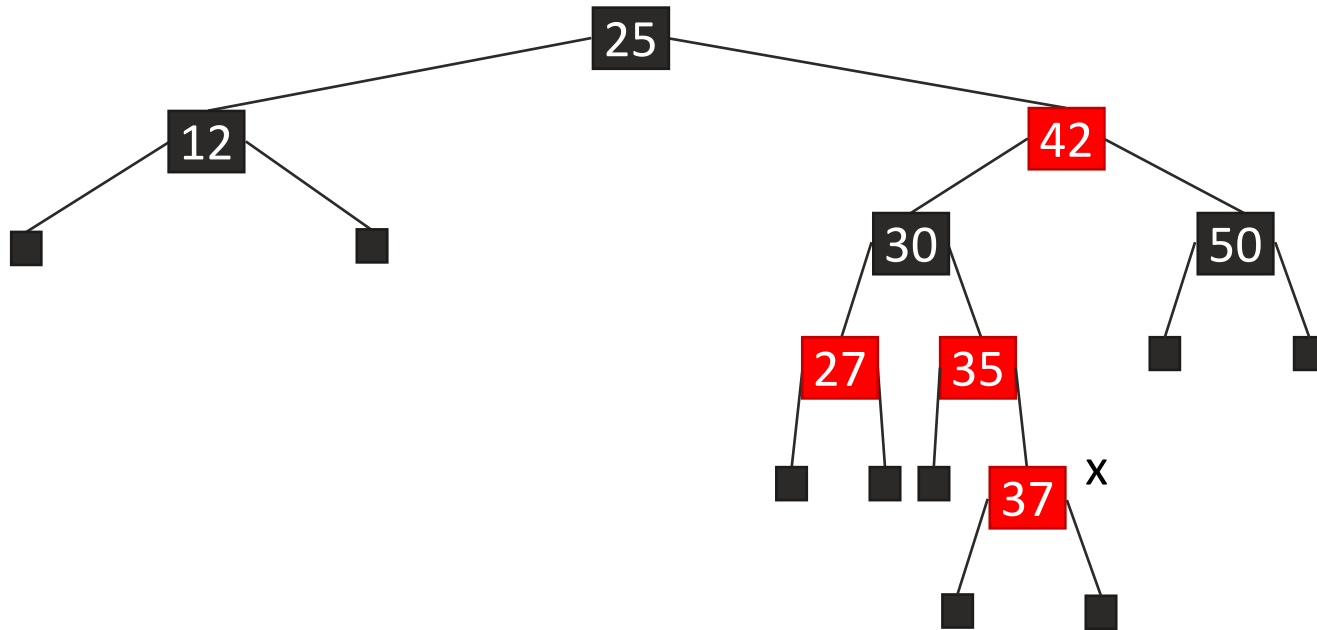


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

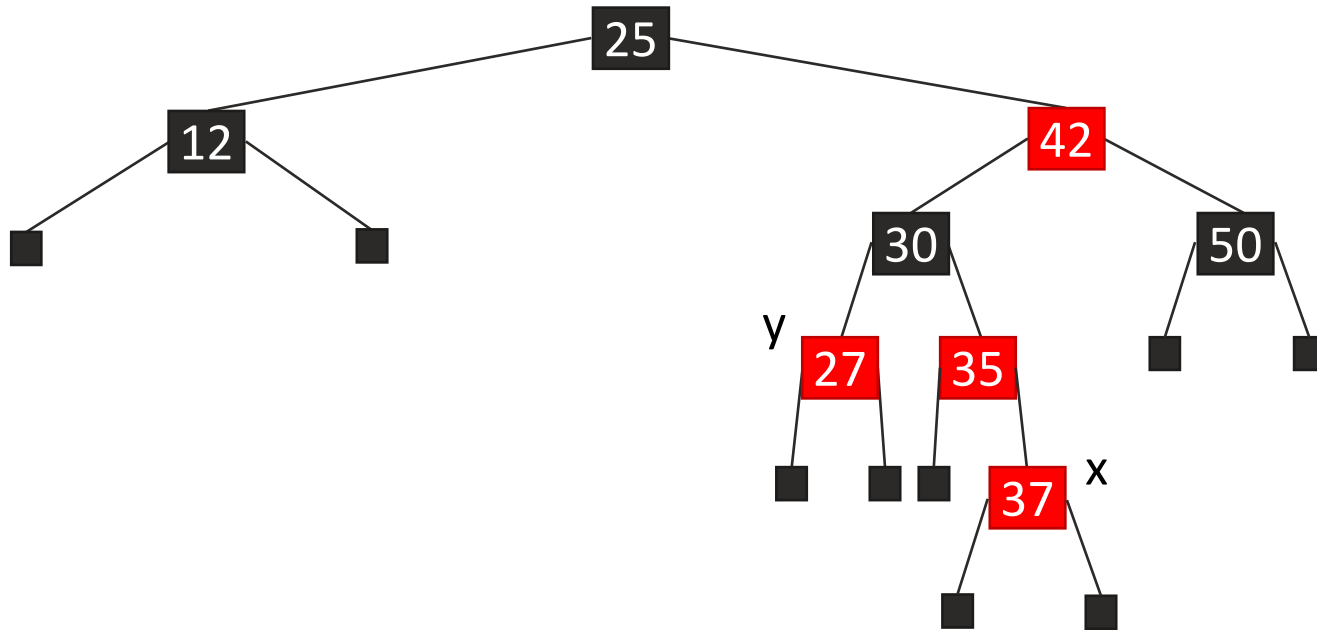
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

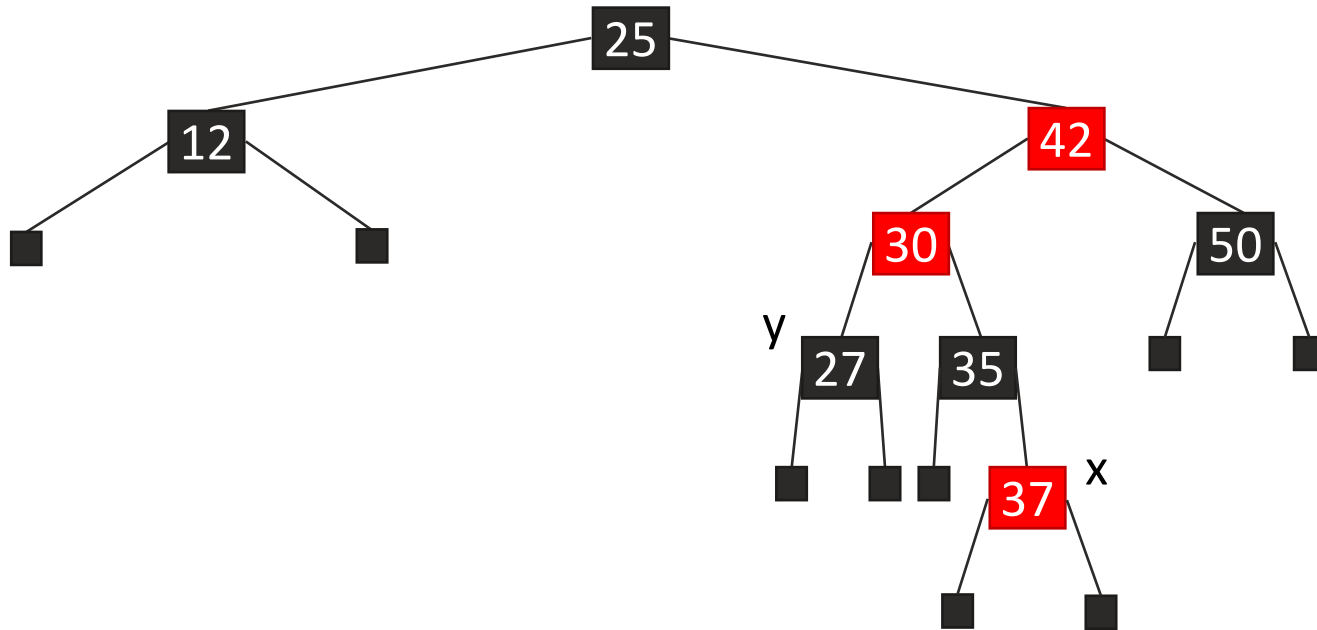
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE --1. eset
      szín[y] ← FEKETE --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]] --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x] --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x) --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE --1. eset
        szín[y] ← FEKETE --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]] --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x] --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x) --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

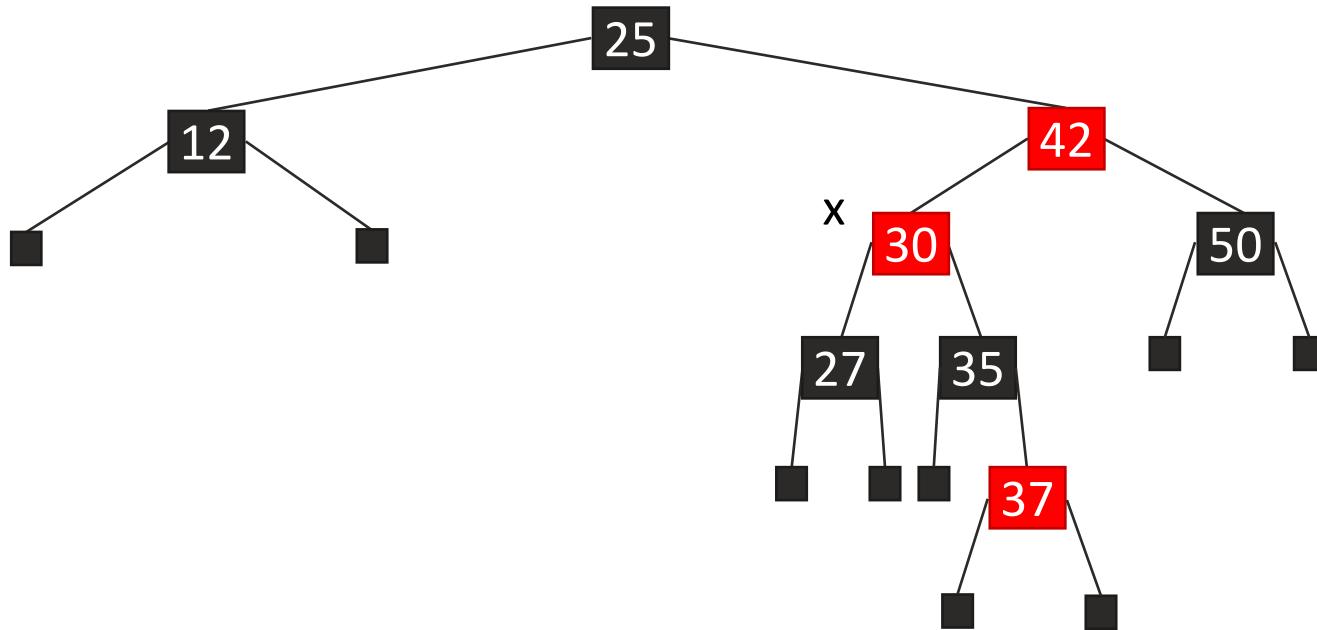
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

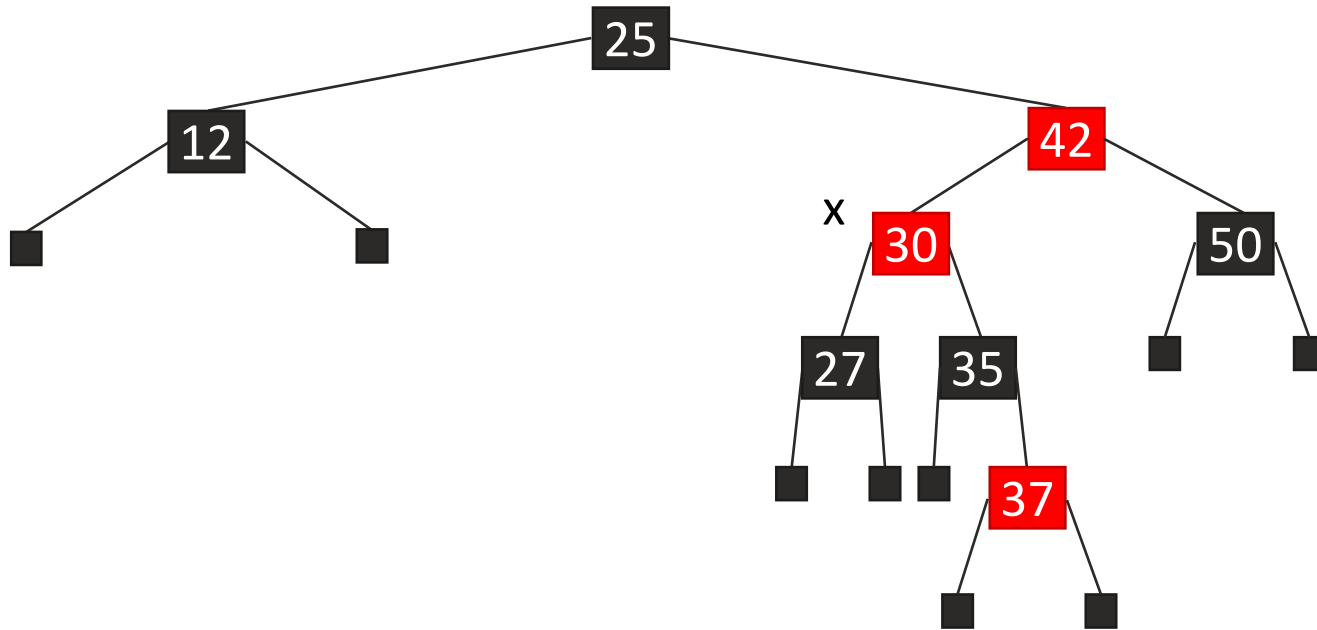
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

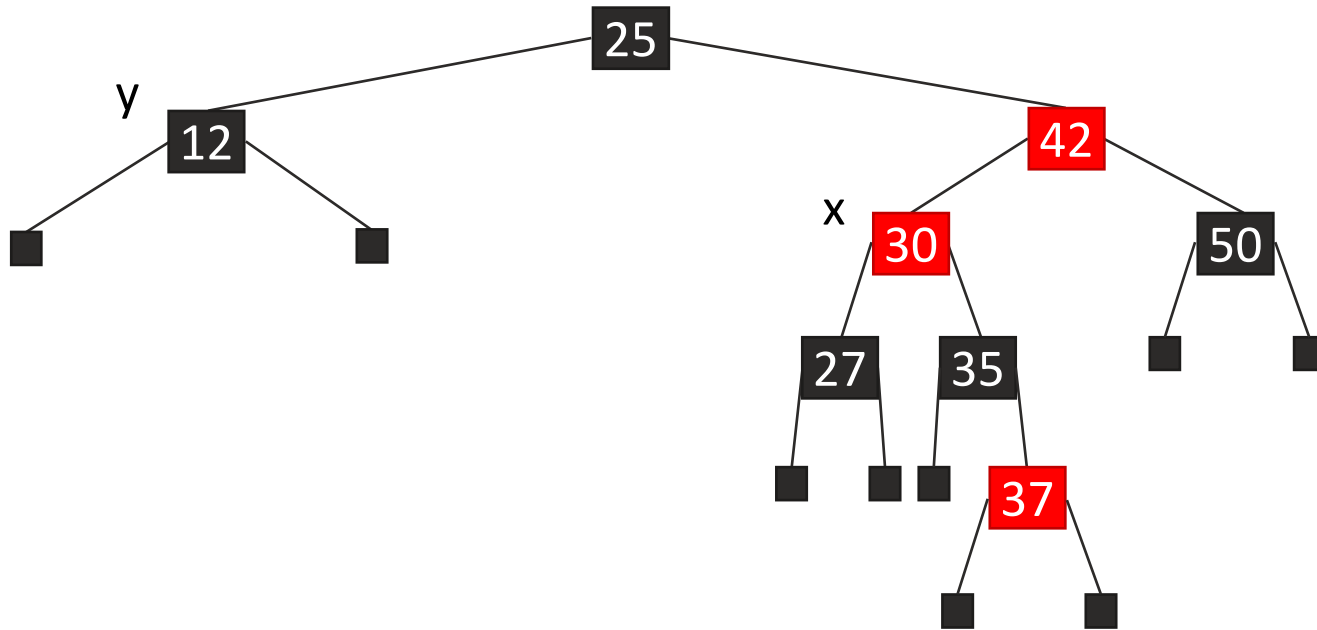
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

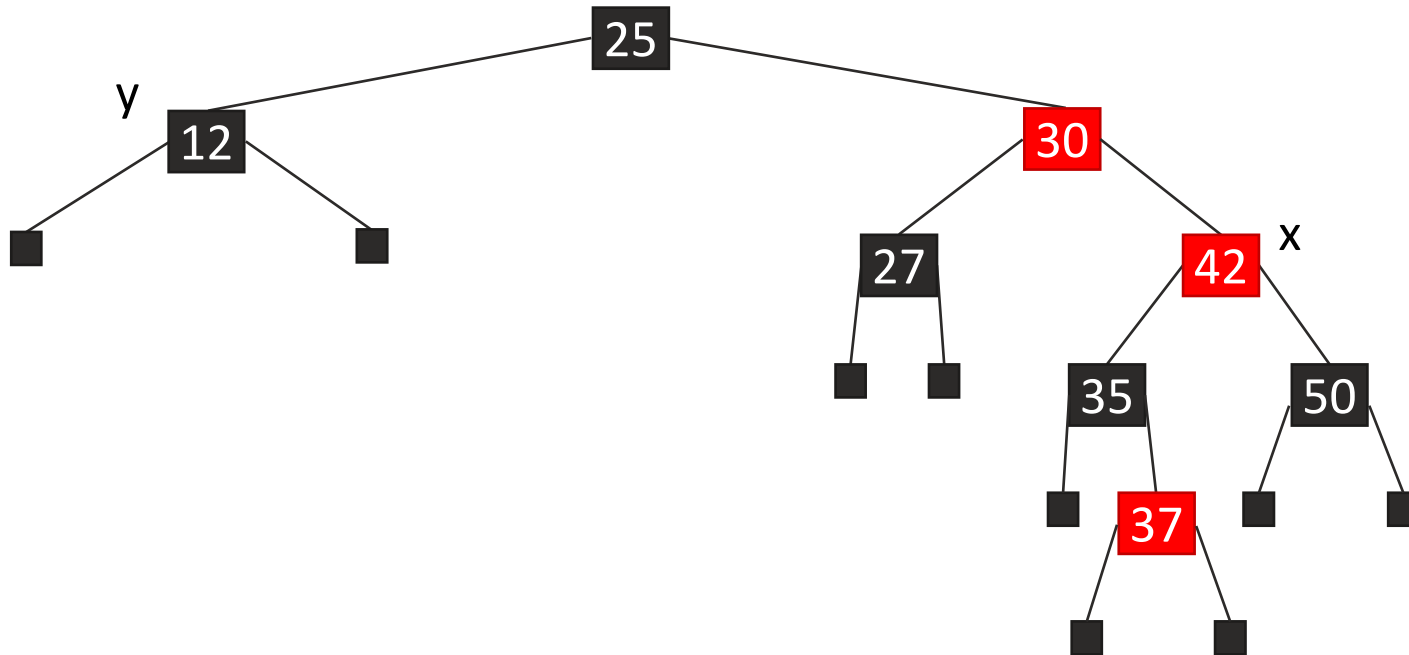
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 37

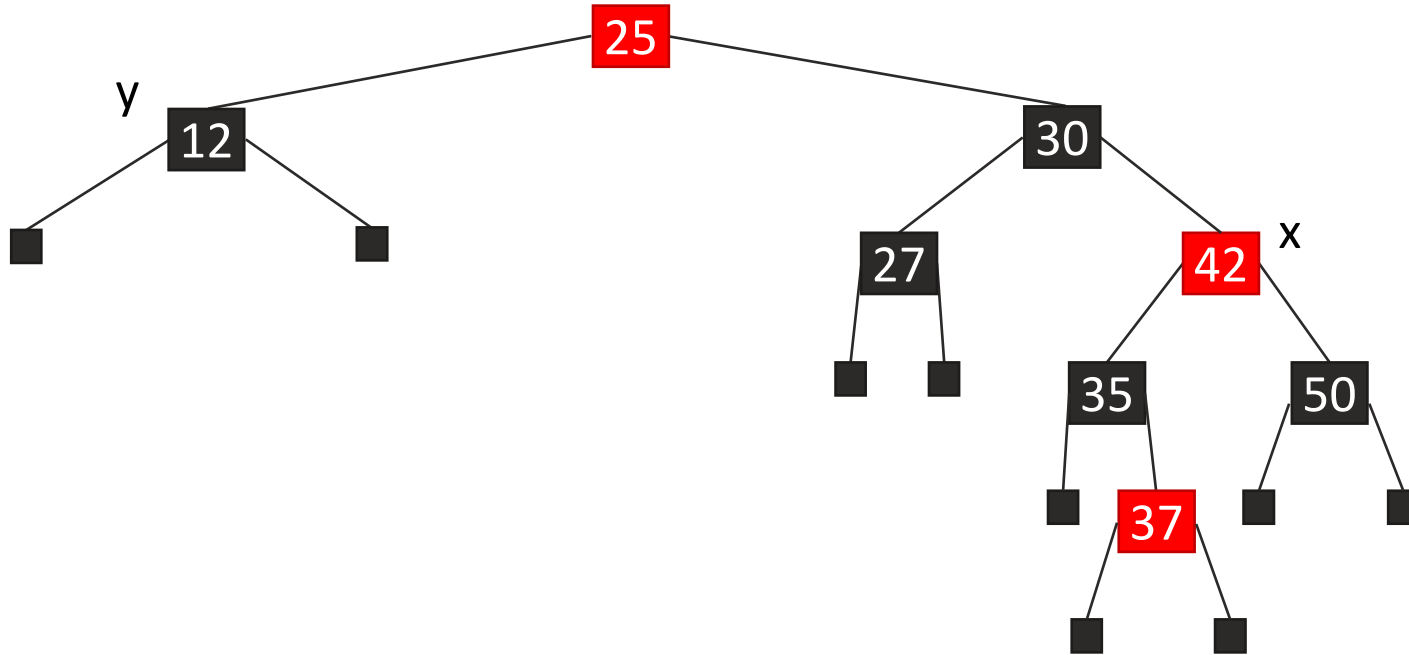


```

while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                    --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)              --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                    --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)              --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
  
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Szúrjunk be elemeket: 37

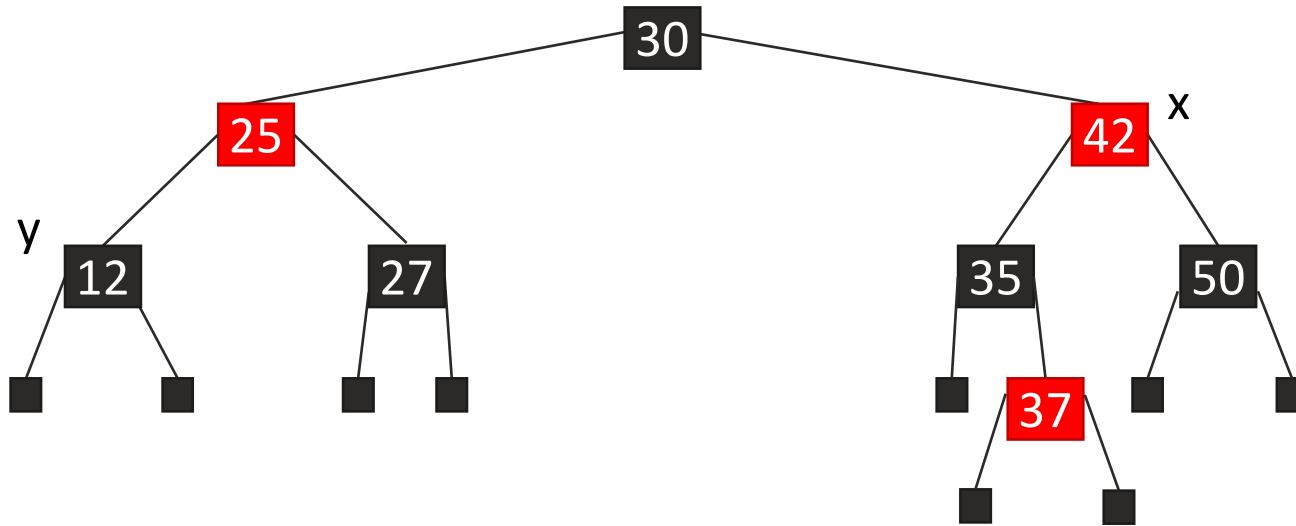


```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                  --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]               --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                      --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)                --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS     --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

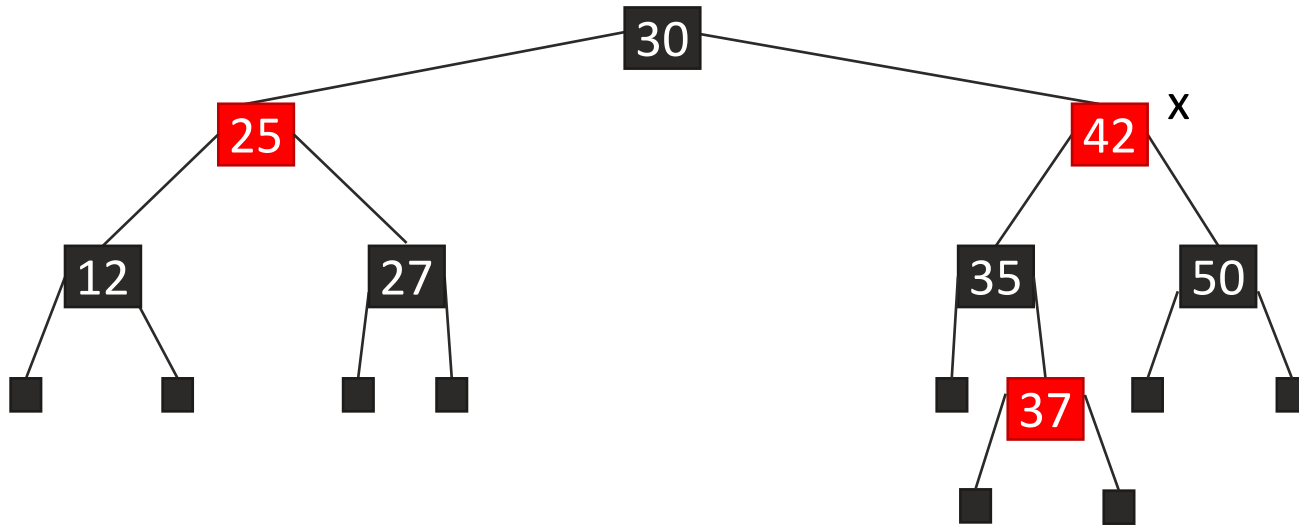
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

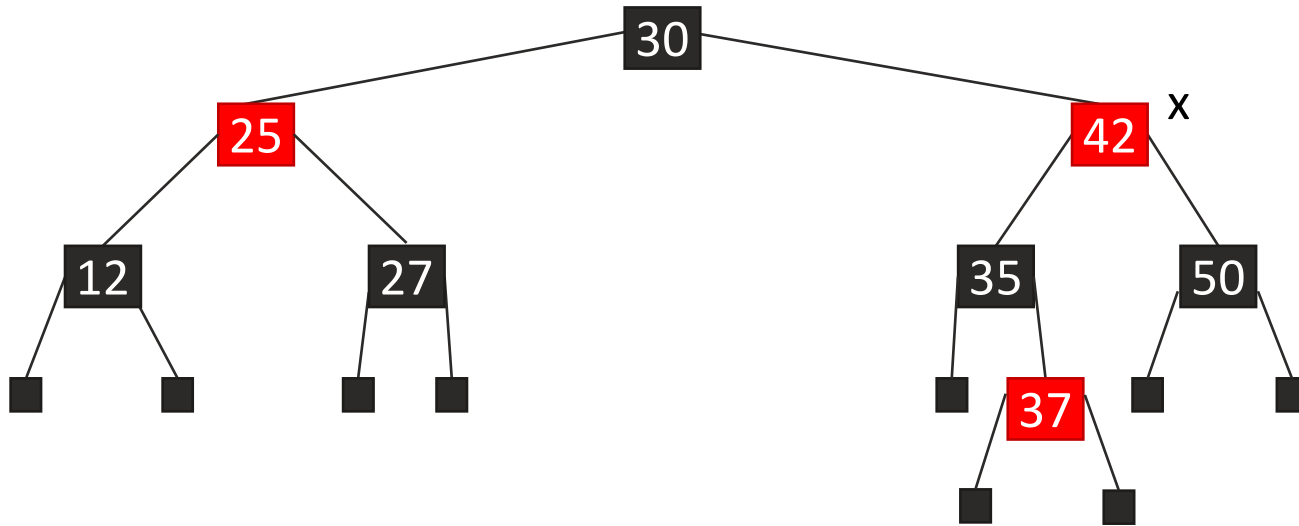
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

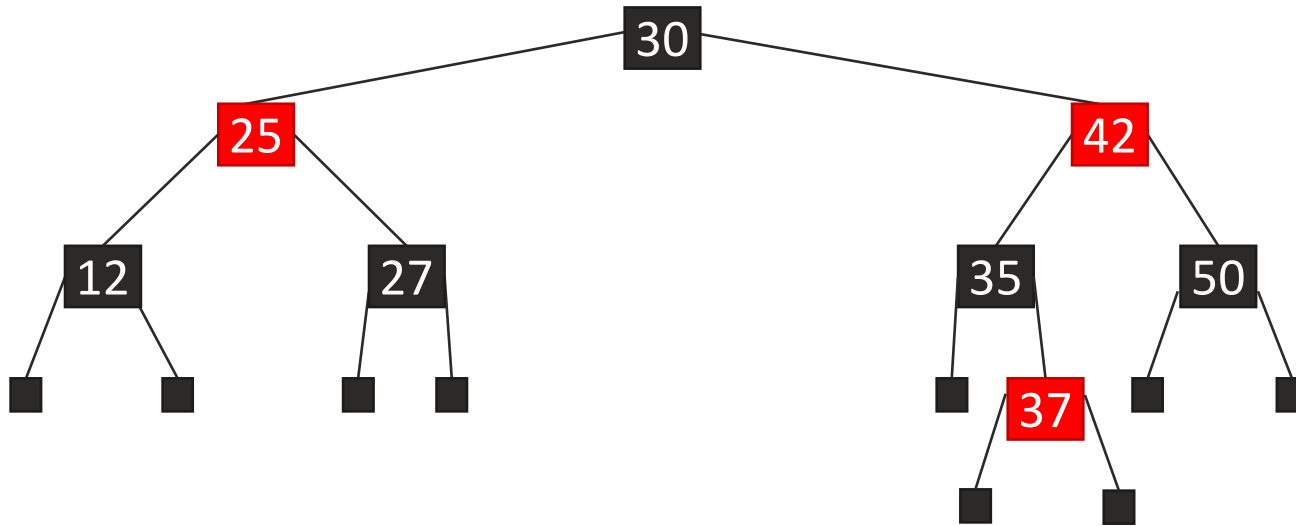
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
    else
      y ← bal[szülő[szülő[x]]]
      if szín[y] = PIROS then
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --1. eset
        szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
        x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
      else if x = bal[szülő[x]] then
        x ← szülő[x]                     --2. eset
        JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
        szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
        szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
        BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
      szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

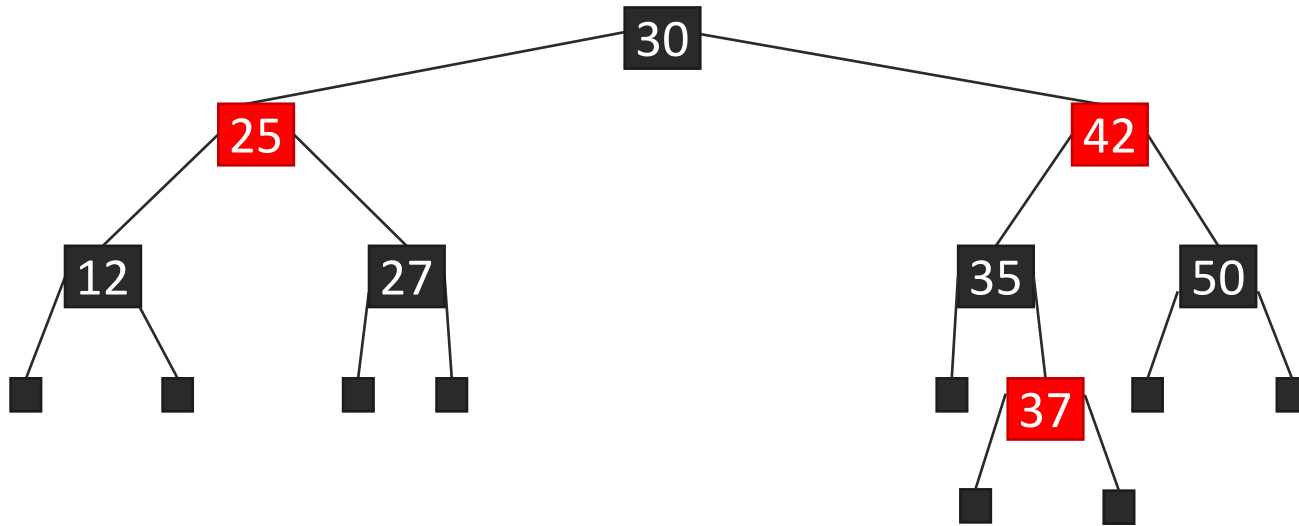
- Szúrjunk be elemeket: 37



```
while x ≠ gyökér[T] and szín[szülő[x]] = PIROS do
  if szülő[x] = bal[szülő[szülő[x]]] then
    y ← jobb[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = jobb[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      BALRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  else
    y ← bal[szülő[szülő[x]]]
    if szín[y] = PIROS then
      szín[szülő[x]] ← FEKETE           --1. eset
      szín[y] ← FEKETE                 --1. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --1. eset
      x ← szülő[szülő[x]]              --1. eset
    else if x = bal[szülő[x]] then
      x ← szülő[x]                     --2. eset
      JOBBRA-FORGAT(T, x)               --2. eset
      szín[szülő[x]] ← FEKETE          --3. eset
      szín[szülő[szülő[x]]] ← PIROS    --3. eset
      BALRA-FORGAT(T, szülő[szülő[x]]) --3. eset
  szín[gyökér[T]] ← FEKETE
```

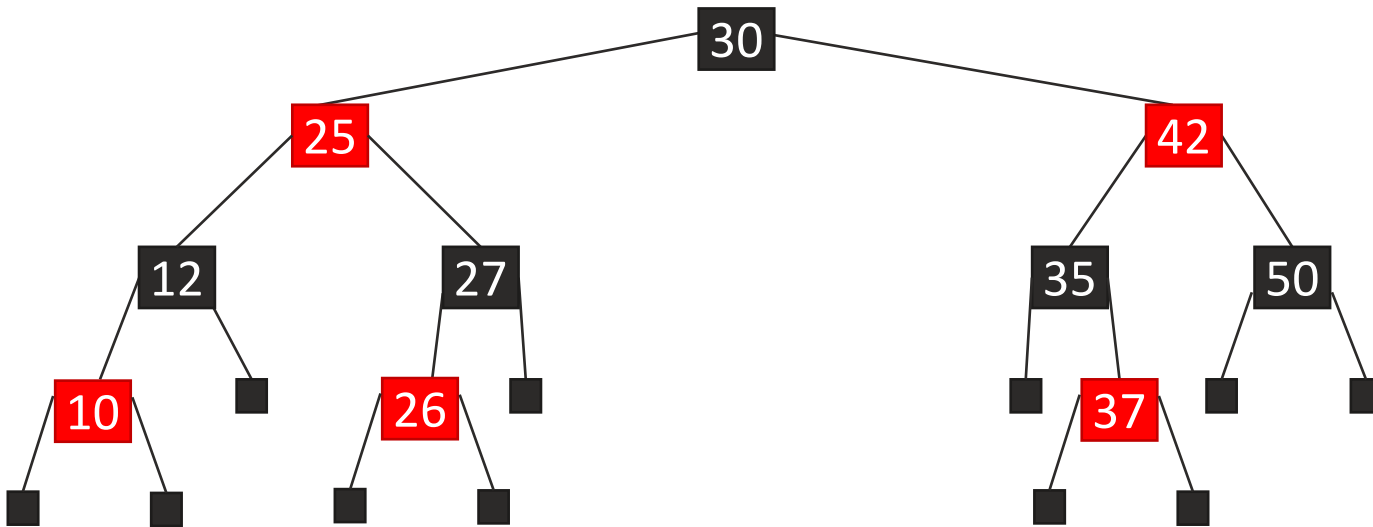
# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- További elemeket hasonló módon szúrunk be.



# Beszúrás utáni kiegyensúlyozás

- Az eredmény:



# Piros-Fekete fa törlés

Következő téma