

Orkubúskapur á íslenskum jöklum: mælingar og dæmi um niðurstöður

Sverrir Guðmundsson¹

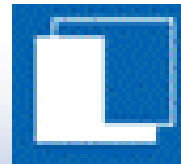
Helgi Björnsson¹

Finnur Pálsson¹

Hannes H. Haraldsson²

¹Jarðvísindastofnun HÍ

²Landsvirkjun Power

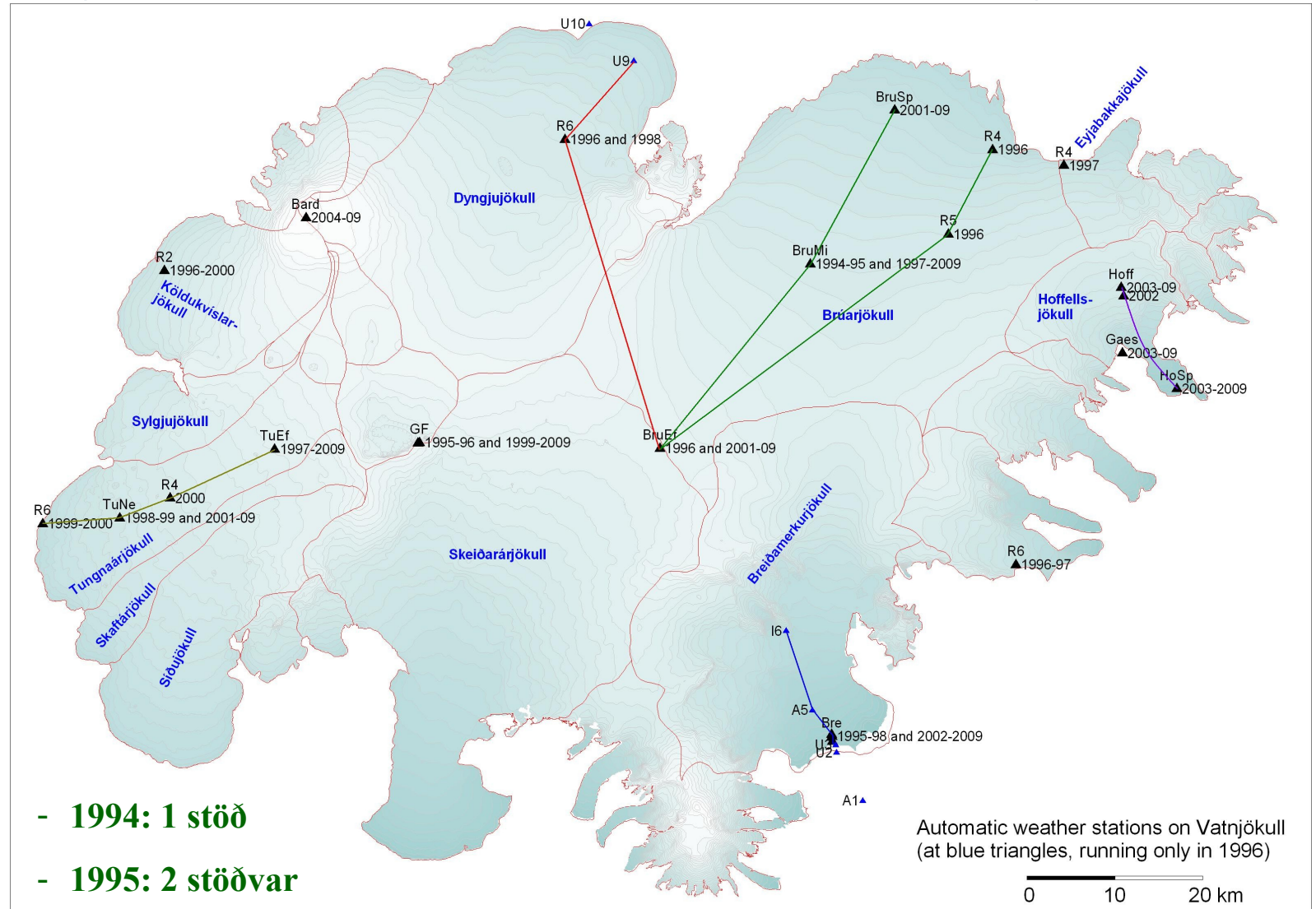


Sverrir Guðmundsson

Sjálfvirkar veðurstöðvar

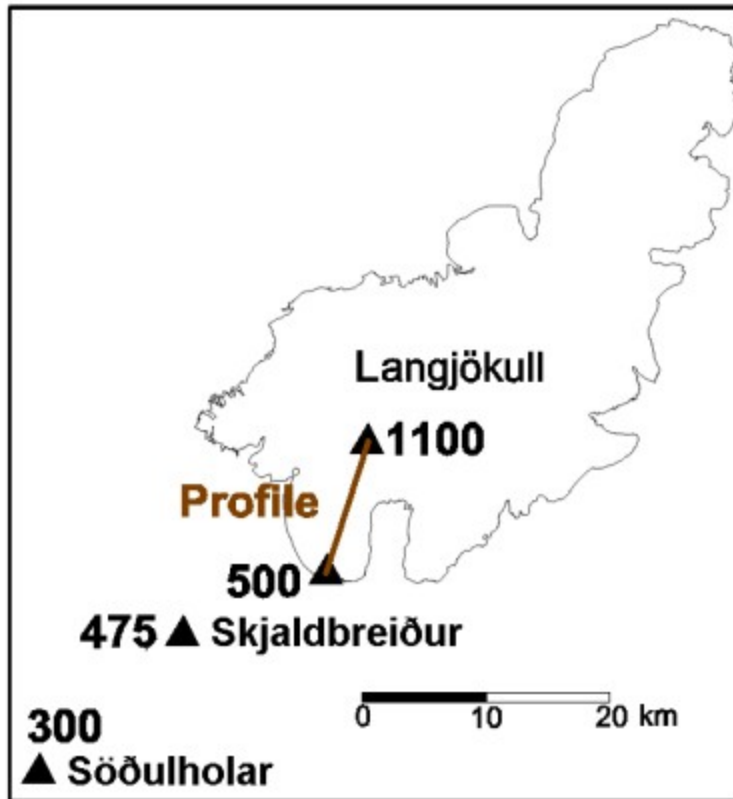
- **Hafa verið reknar á Vatnajökli síðan 1994 og á Langjökli síðan 2001 til að:**
 - **Mæla orkustrauma sem berast að yfirborði jökulsins og valda leysingu**
 - **Auka skilning á orsakapáttum leysingar og afrennslis frá jöklum**
 - **t.d. tengslum við veðurfar, vetrarákomu og yfirborðseiginleika jökulsins**
 - **Kanna tengsl veðurfars og veðurbátta innan og utan jökuls**

Sjálfvirkar veðurstöðvar á Vatnajökli



- 1994: 1 stöð
- 1995: 2 stöðvar
- 1996: 11 stöðvar
- 1997-2002: 4-6 stöðvar
- 2003-2010: 10 stöðvar

Sjálfvirkar veðurstöðvar á Langjökli



- 2001-2010: 2 stöðvar á jökli

Orkubúskapur og leysing

Heildarorka til leysingar:

$$M = R + H_d + H_l + H_p$$

$$\approx R + H$$

Heildargeislun:

$$R = Q_i - Q_o + I_i - I_o$$

$$= Q_i(1 - \alpha) + I_i - I_o$$

Veðurstöð á jökli

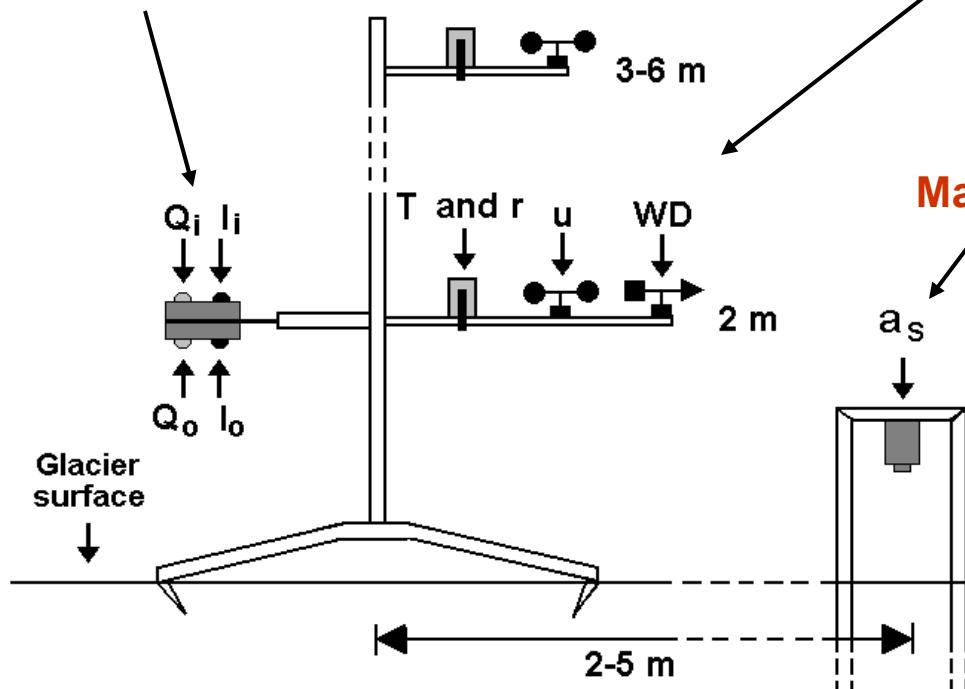
Varmastraumar frá lofti og við þéttingu raka (iðustraumar):

$$H = H_d + H_l$$

Mæld leysing:

Reiknuð leysing:

$$a_s = \begin{cases} \frac{M_c}{L} & M_c \geq 0 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$



Veðurstöð á Tungnaárjökli 2005



Ljósmynd: Snævarr Guðmundsson

Veðurþættir og orkubúskapur

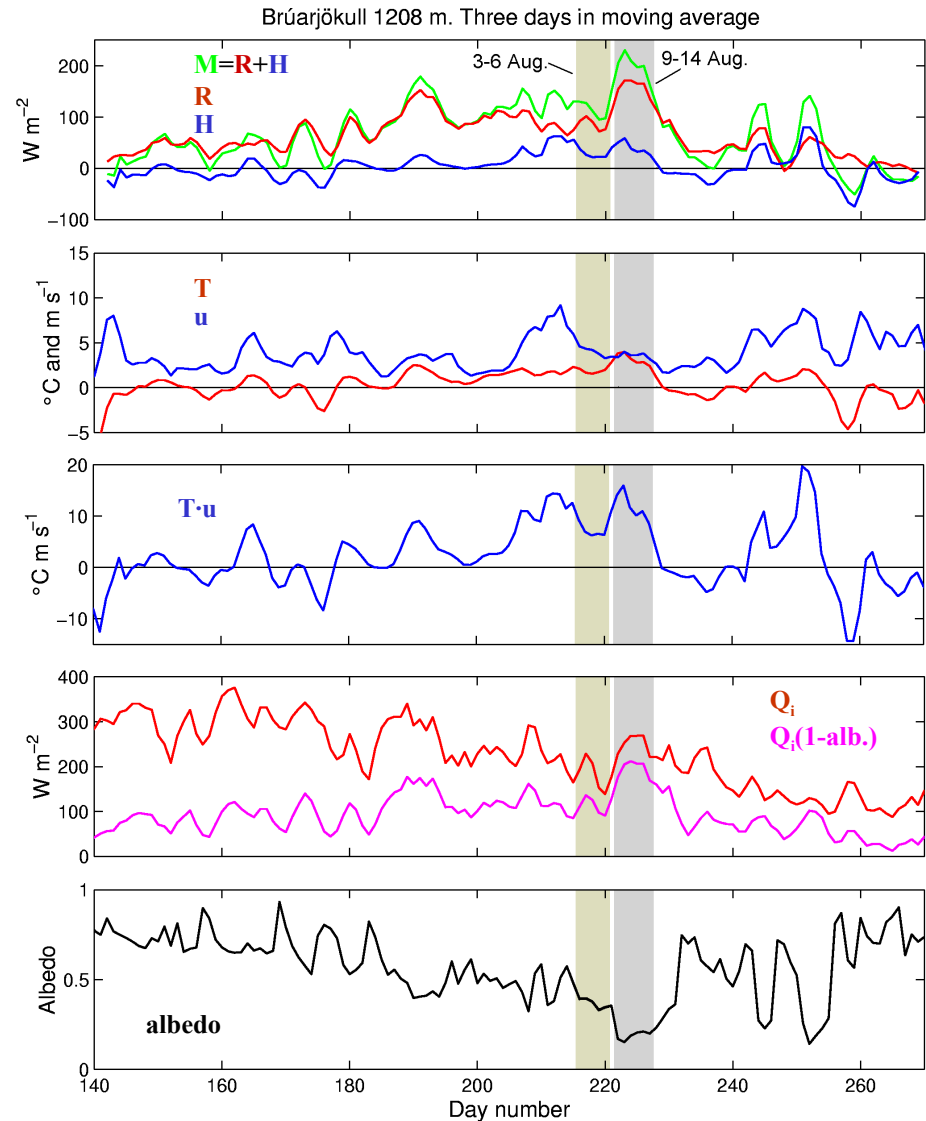
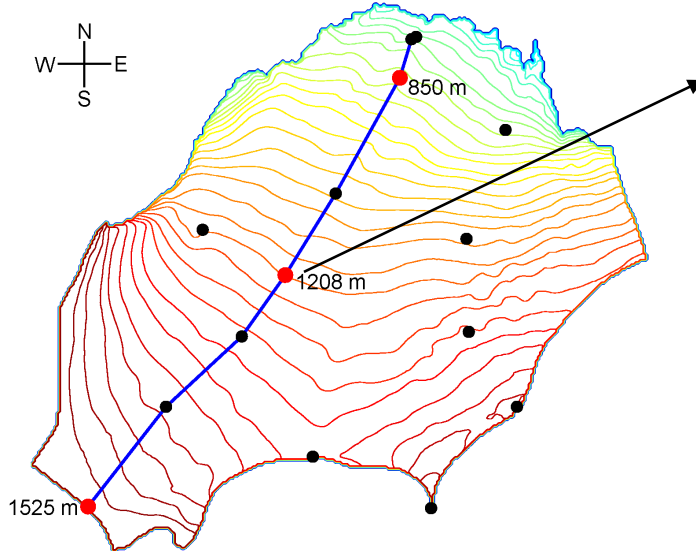
maí til september 2004
Þrjú dagar í hlaupandi meðaltali

Dæmi: Veðurstöð í 1208 m á
Brúarjökli, nálægt núverandi
snælinu

Fylgni dagsgilda:

$$r(R, Q_i(1 - \text{albedo})) = 0.90$$

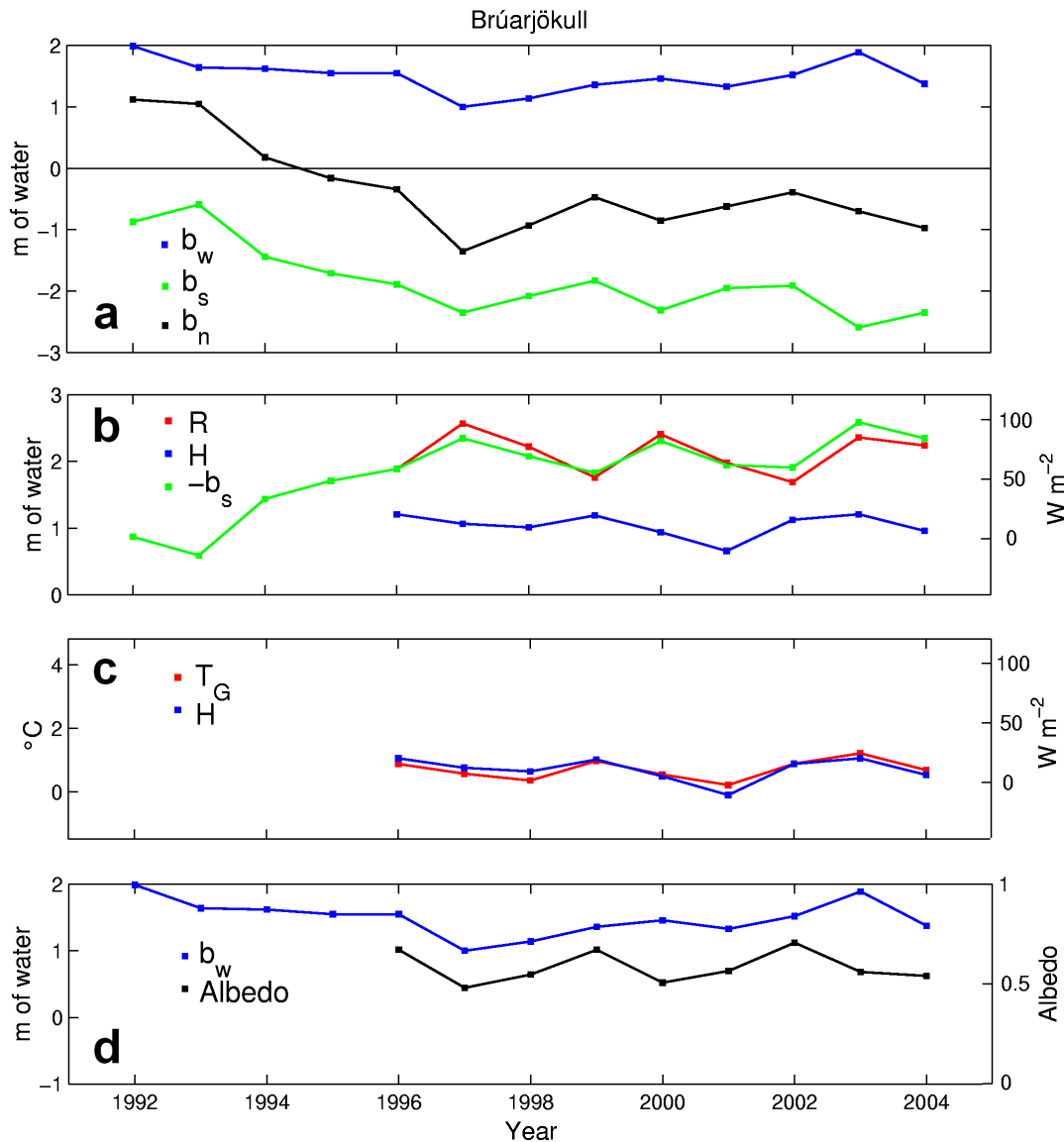
$$r(H, T \cdot u) = 0.97$$



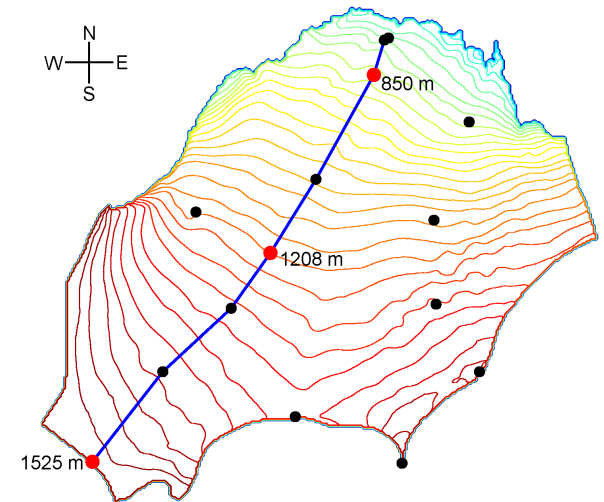
Helstu orskapættir leysingar

- **Að jafnaði veldur heildargeislun (R) um 75% af leysingunni á leysingarsvæðum og allt að 100% eða meira ofarlega á jöklunum þar sem iðustraumsvarmi (H) er nálægt 0 W m^{-2}**
- **Þó stjórnast dagssveiflur í leysingu oftast meira af iðustraumsvarma (H) en heildargeislun (R)**
 - **Allt að 90% eða meira vegna H - eykst þegar farið er upp jökul þar sem skýjahula er að jafnaði minni og sólgeislun stöðugri**
 - **H fylgir margfeldi hita og fallvinds á jökli, en þó endurspeglast að jafnaði 85-90% af breytileika H í hitanum**
 - **Skýjahula er ekki eins mikill áhrifavaldur nema helst á neðstu hlutum leysingarsvæða**
- **Árssveiflur í leysingu orsakast meira af heildargeislun en iðustraumsvarma**
 - **Mestu skiptir breytileiki endurkastsstuðuls sem ræðst talsvert af þykkt vetrarsnjólags:**
 - **þ.e. minni ákoma \Rightarrow leysing nær fyrr í gegnum vetrarsnjóinn og því minna endurkast \Rightarrow meiri gleypni á sólgeislun og aukin leysing**
- **Iðustraumsvarmi og langbylgjugeislun frá andrúmslofti ættu að hafa áhrif til langs tíma ef hiti breytist mikið**

Afkoma og orkubúskapur



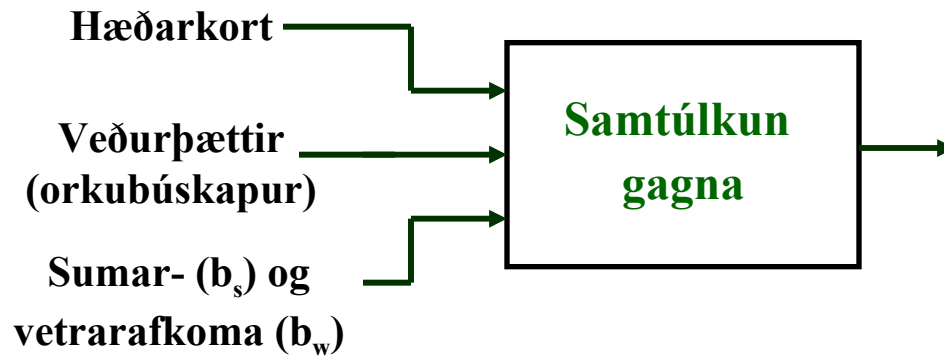
Meðaltöl orkubúskapar og veðurþátta yfir sama tímabil og mæld sumarafkoma (b_s)



● Afkomumælingar

● Veðurmælingar

Afrennsli og orkubúskapur

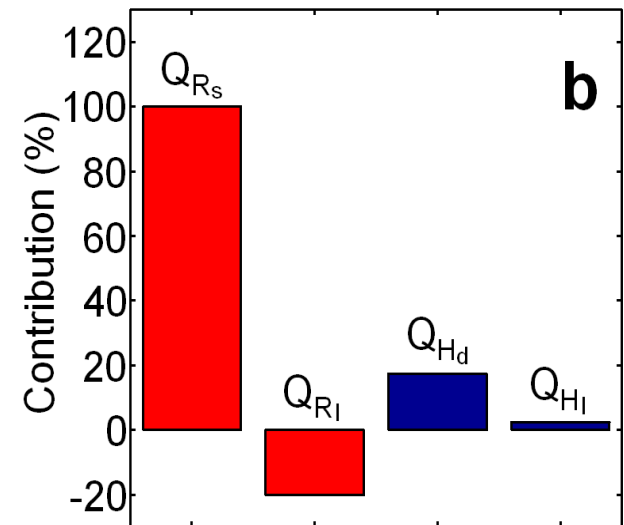
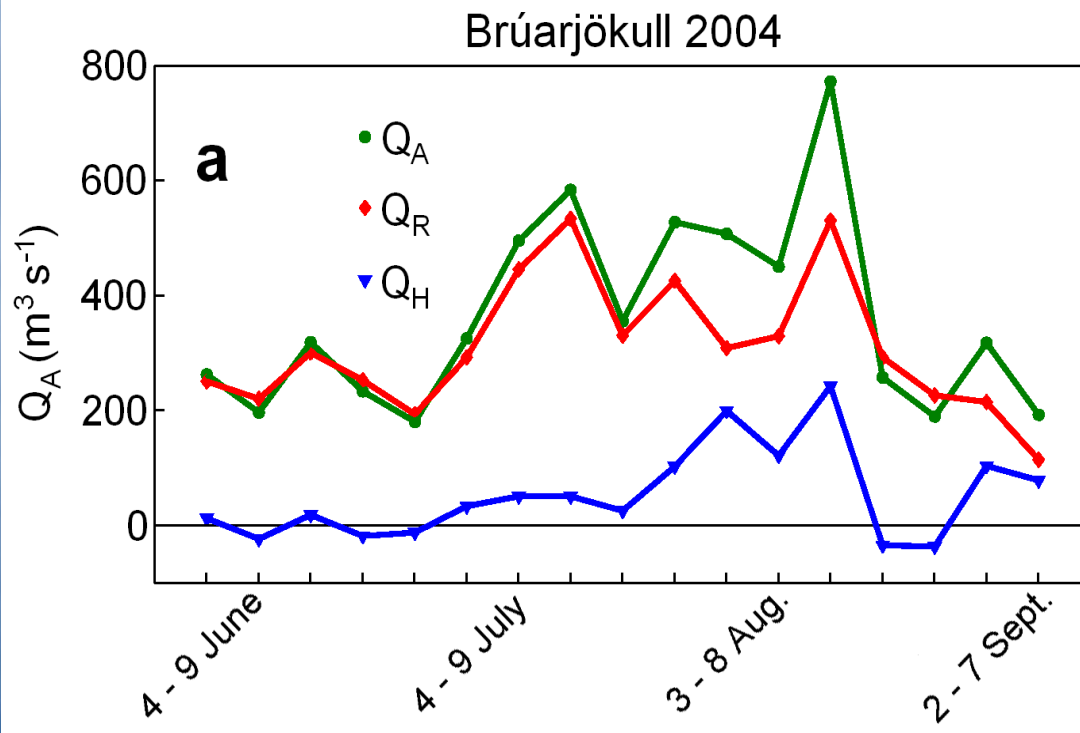


Dagleg leysing heilduð yfir vatnasvið
jökuls (afrennsli):

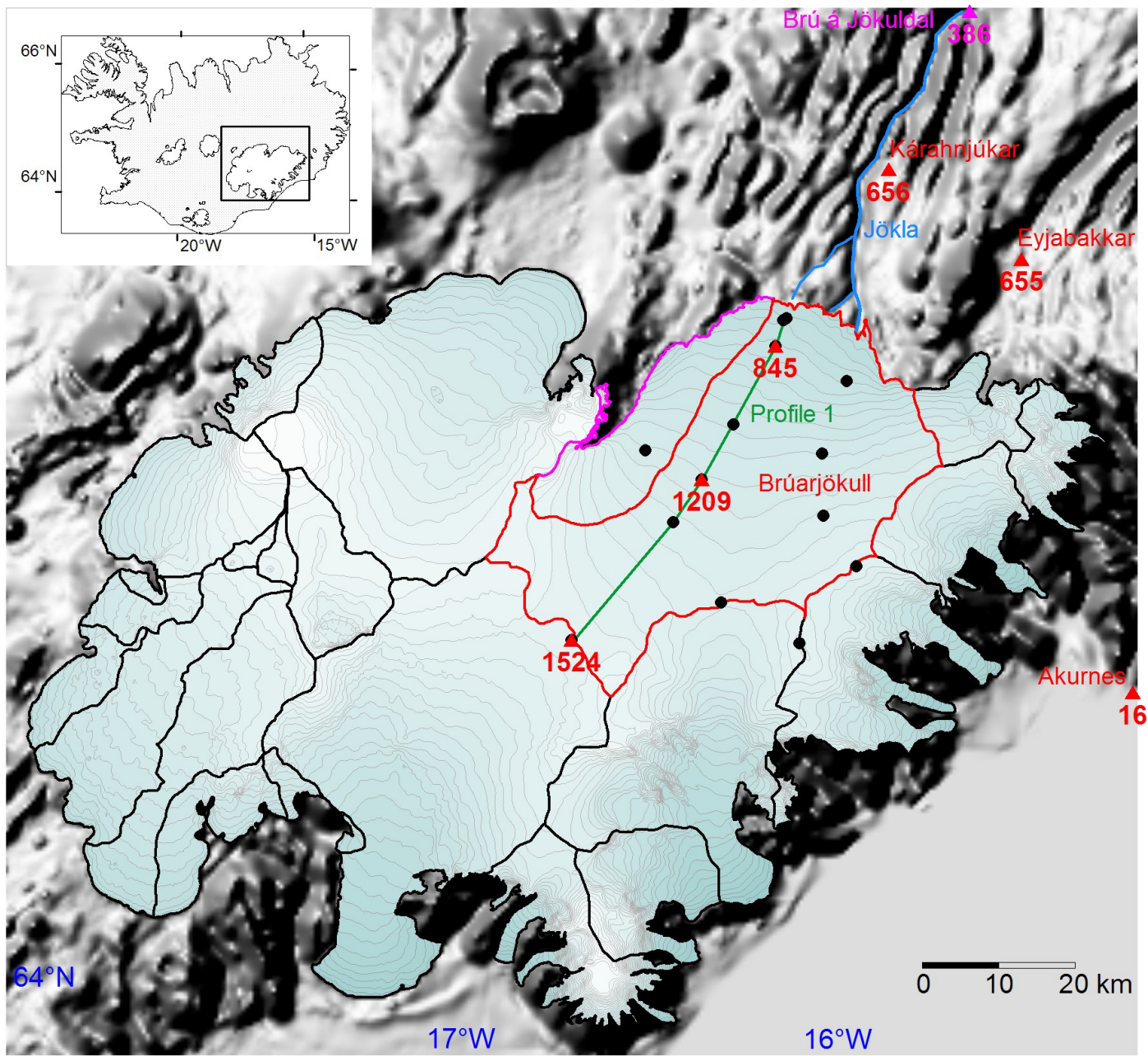
$$Q_A = Q_R + Q_H: \text{ heildar "afrennsli"}$$

Q_R : vegna heildargeislunar

Q_H : vegna iðustraumsvarma



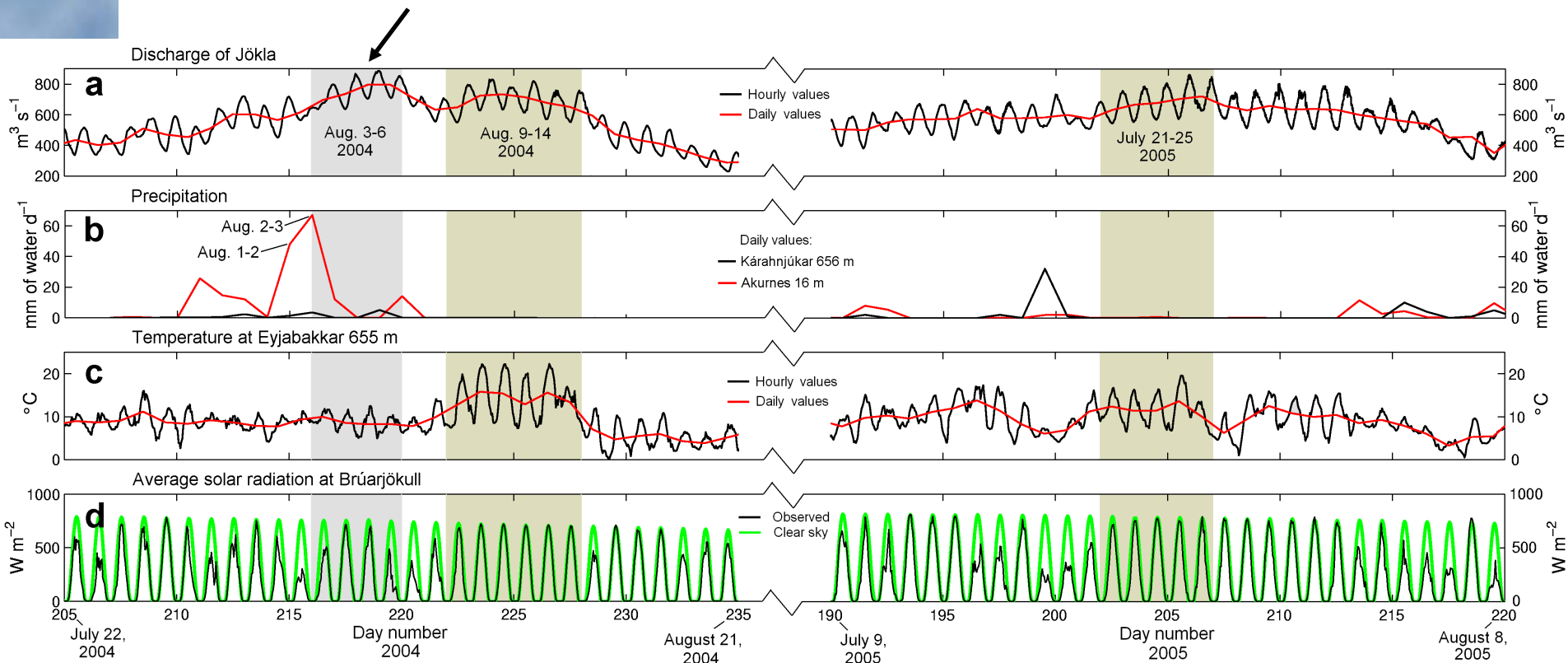
Dæmi: flóð í Jöklu sumrin 2004 og 2005



Dæmi: flóð í Jöklu sumurinn 2004 og 2005

3.-6. ágúst 2004:

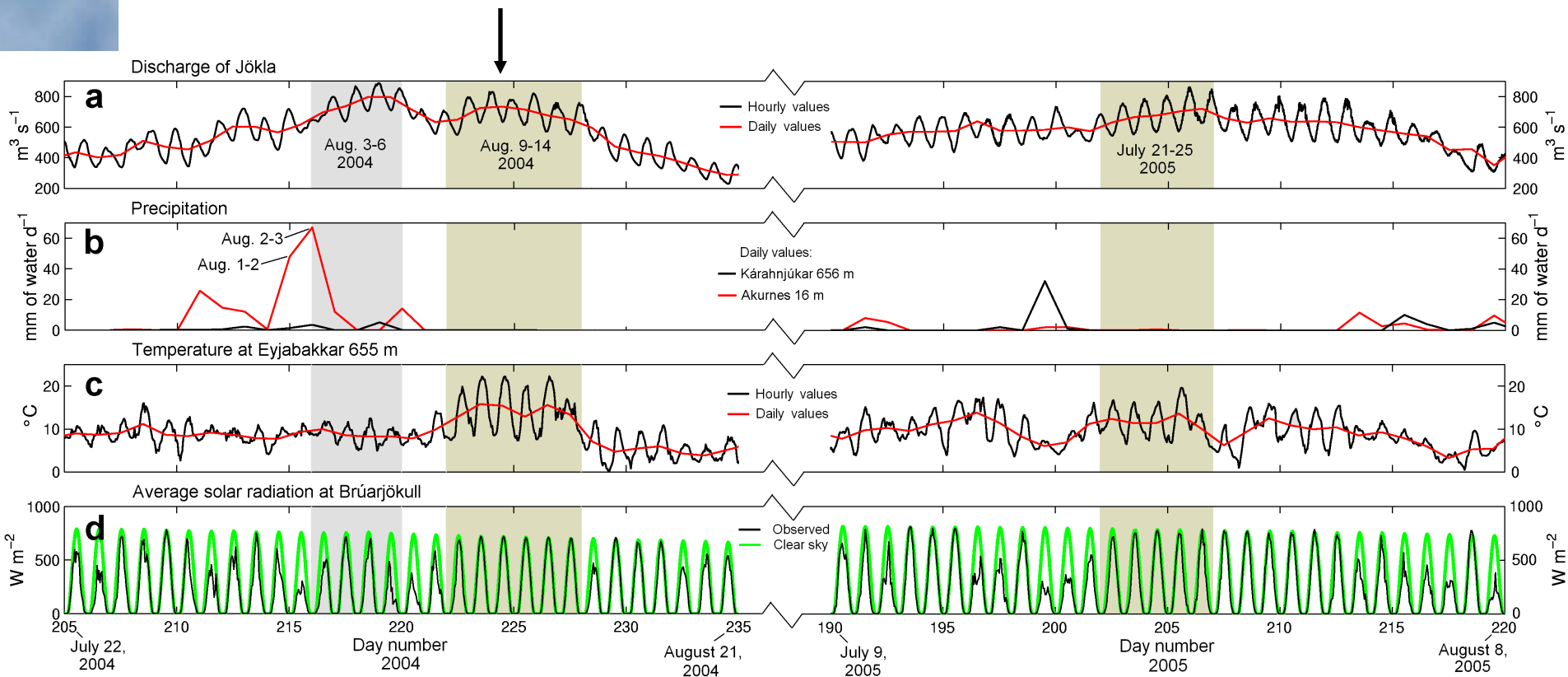
- Í kjölfar óvenju mikilla rigninga 1.-3. ágúst 2004
- Gervitunglagögn sýna að regnið náði hámarki á þeim svæðum Brúarjökuls sem tilheyra vatnasviði Jöklu



Dæmi: flóð í Jöklu sumurin 2004 og 2005

9.-14. ágúst 2004:

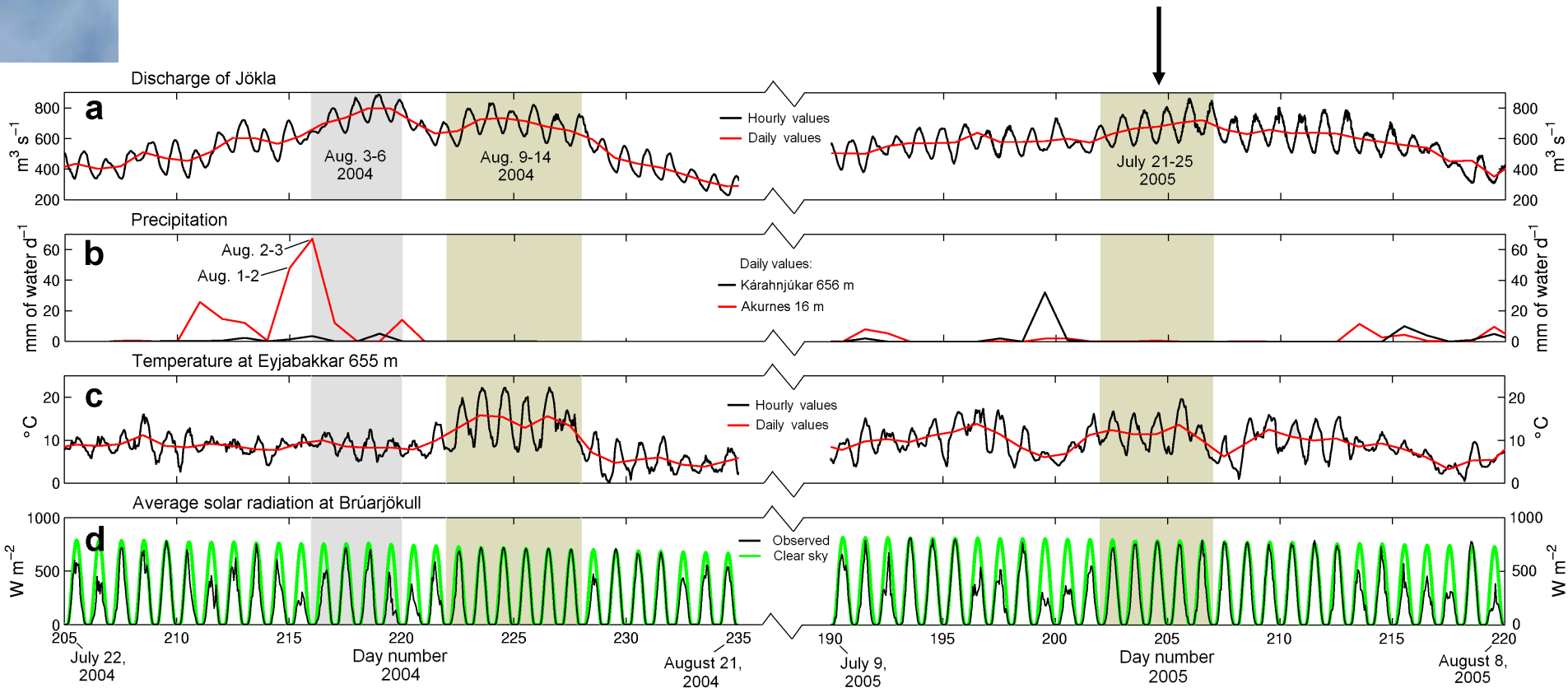
- Stafaði eingöngu af jökulleysingu
- Fylgdi óvenju hlýju lofti og heiðríkju yfir Íslandi (mikil sólgeislun)



Dæmi: flóð í jöklu sumurin 2004 og 2005

21.-25. júlí 2005:

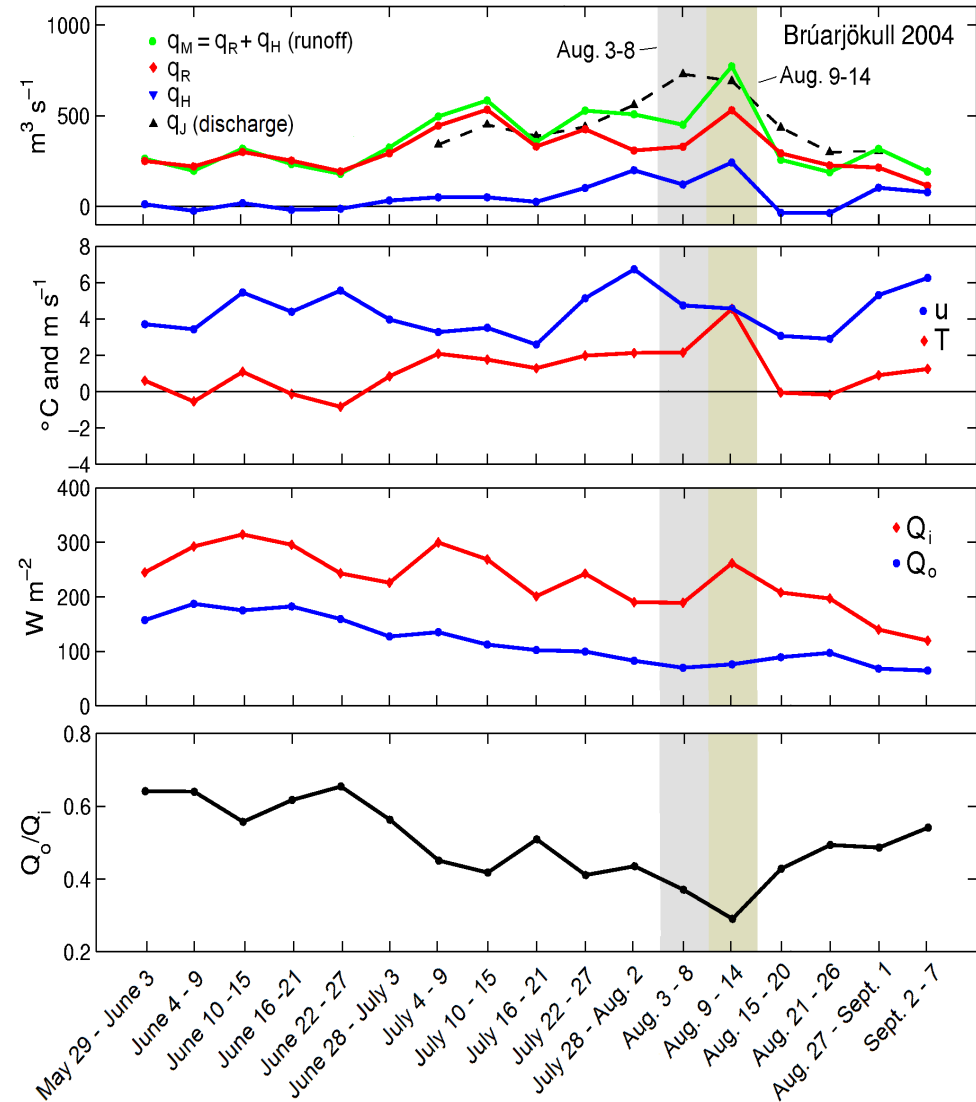
- Stafaði eingöngu af jökulleysingu
- Fylgdi frekar hlýju lofti og heiðríkju yfir Íslandi (mikil sólgeislun)



Flóðin í ágúst 2004

$$q_M = \int_S a_s dS$$

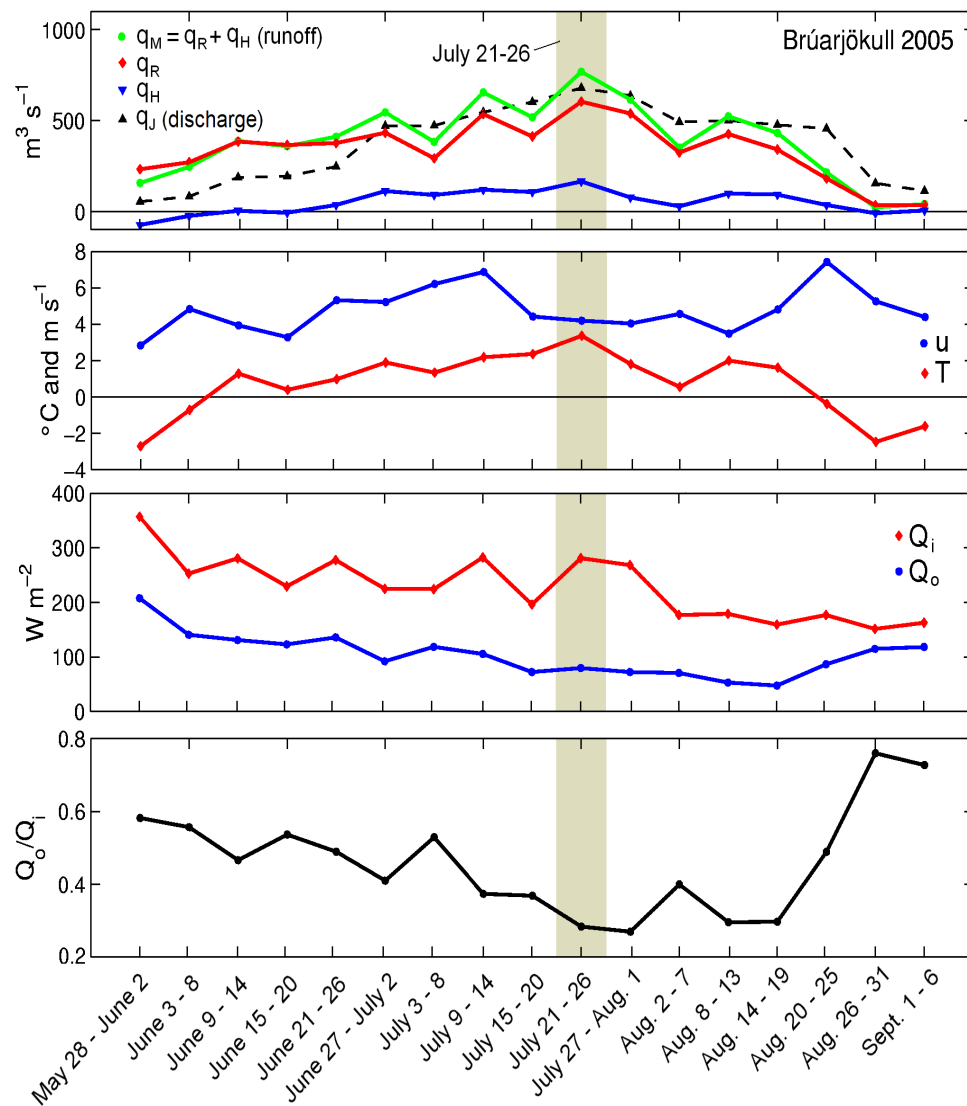
- **3.- 8. ágúst 2004:**
 - Heildarorka til leysingar lítið meiri en í meðallagi
 - Mesta lagi um 65% afrennslis var vegna leysingar og minnst um 35% vegna regnvatns
- **9. - 14. ágúst 2004:**
 - margir samverkandi þættir
 - Óvenju heitur loftmassi \Rightarrow mikill aðflutningur varma með loftstraumum
 - orsakaði 31% af afrennslinu
 - Heiðskýrt (sterk sólgeislun) samfara óvenju lágum endurkastsstuðli \Rightarrow mikill geislunarvarmi
 - orsakaði 69% af afrennslinu
 - Lækkun á endurkastsstuðli:
 - vetrarsnjór hvarf af mjög stórum svæðum á jöklinum 9. ágúst
 - leysing vegna hlýrra og hvassra suðlægra vinda 28. júlí – 1. ágúst ásamt mikilli rigningu flýttu fyrir lækkun á endurkastsstuðli



Flóðið í júlí 2005

$$q_M = \int_S a_s dS$$

- **21.- 25. júlí 2005:**
- **margin samverkandi þættir**
- **Frekar heitur loftmassi \Rightarrow mikill aðflutningur varma með loftstraumum**
 - **orsakaði 25% af afrennslinu**
- **Heiðskýrt (sterk sólgeislun) samfara óvenju lágum endurkastsstuðli \Rightarrow mikill geislunarvarmi**
 - **orsakaði 75% af afrennslinu**
- **Lækkun á endurkastsstuðli:**
 - **mikill sandur og ryk blés yfir allan jökulinn í sterkum norðlægum vindum um miðjan júlí 2005**
 - **gleypni sólgeislunar talsvert yfir meðallagi á leysingarsvæðum**
 - **gleypni sólgeislunar umtalsvert yfir meðallagi á hæstu ákomusvæðum**

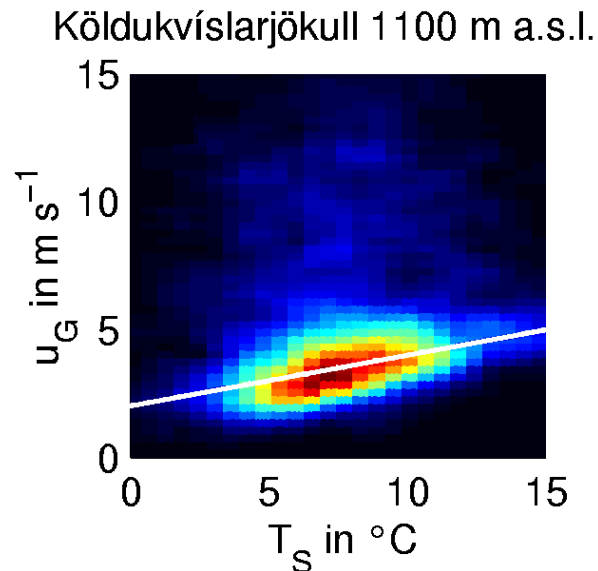


Tengsl veðurþátta innan og utan jökuls

- Ekki alltaf skýr tengsl
- Á leysingartíma er hiti yfir jöklinum dempaður – hiti yfir bráðnandi yfirborðinu er þvingaður í átt að 0 °C
 - Jökullinn jafnar að stórum hluta dægur- og mánaðarsveiflur
- Á dæmigerðum mildum sumardögum skapar jökullinn sitt eigið veðurfar með fallvindum niður jökulinn
 - Styrkur fallvinds sýnir sterk tengsl við hita innan og utan jökuls
 - Breytingum á iðustrámsvarma “ $f(T \cdot u)$ ” má því oft lýsa með hita
- Á dæmigerðum mildum sumardögum nær jökullinn að hreinsa/minnka skýjahulu
 - Jökullinn skapar sitt eigið skýjafar með mun minni skýjahulu á efri hlutum jökulsins en neðst á leysingarsvæðunum

Dæmi: vensl fallvinda og hita

Vindhraði á Köldukvíslarjökli teiknaður á móti hita í Sandbúðum



- **Notað orkubúskaparlíkan til að athuga hvaða áhrif hækkun á umhverfishita um $+3^{\circ}C$ hefði á leysingu á Vatnajökli ef:**
 - Fallvindar haldast óbreyttir**
 - Fallvindar aukast með hita (eins og mælingar gefa til kynna)**
- **Niðurstöður:**
 - **Seinna tilfellið gefur:**
 - 10–20% meiri leysingu en það fyrra á neðstu svæðum jökulsins**
 - 7–10% við jafnvægislínu**
 - hverfandi mun á efstu svæðunum**

Dæmi: áhrif ösku og óhreininda á yfirborði jöklanna

- Endurkastsstuðull sólgeislunar oft óvenju lágur á íslenskum jöklum vegna óhreininda á yfirborði
- Notað orkubúskaparlíkan til að athuga áhrif sands og ösku á yfirborði:
 - i) Lágt endurkast eins og mælst hefur (albedo allt niður í 0.1)
 - ii) Dæmigerður endurkastsstuðull fyrir hreinan ís (albedo um 0.4)
- Niðurstöður:
 - Hreinn ís mundi valda um 13% minni heildarleysingu á jöklunum
 - Þar af allt að 20-25% lægri leysingu á leysingarsvæðum

