

**NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.)
TREELINE ECOTONE PERFORMANCE SINCE THE MID-1970S
IN THE SWEDISH SCANDES –
EVIDENCE OF STABILITY AND MINOR CHANGE
FROM REPEAT SURVEYS AND PHOTOGRAPHY**

LEIF KULLMAN

SUMMARY

Against the background of projected, man-made global warming, and associated consequences for cold-marginal tree growth, the structural and regeneration performance of the treeline ecotone (*Picea abies* Karst.) was studied along an elevational transect in the southern Swedish Scandes, primarily by repeat photography. During the early 20th century and prior to the study period, 1974-2014, the concerned spruce treeline advanced 170 m in elevation, in association with the first pulse of regional summer and winter warming. This was achieved mainly by transformation of millennial-old stunted krummholz spruces into erect tree forms. Despite intermittent production of highly viable seeds, sexual regeneration has been insignificant. Thus, any future upslope treeline displacement, in the case of hypothetical climate warming, will depend on growth responses of a bank of old-established krummholz spruces, prevailing here and there above the treeline in low-alpine heath vegetation. During the past few decades of relatively high temperatures, seed regeneration has played an insignificant role for the spruce treeline dynamics and is likely to do so also in the future. Hitherto, treeline changes have largely depended on altered winter temperatures and snow conditions. Based on the present results, there appears to be little prospects of massive elevational spruce forest expansion over the currently treeless alpine tundra with its open low-alpine flora and vegetation. This study sustains that in the case of significant future warming, any changes will have the character of growth form transformation of existing specimens rather than establishment and growth of new tree individuals at increasingly higher elevations. As a consequence, the open and species tree diverse landscape of the treeline ecotone is likely to give way to a marginally more dense cover.

Keywords: Climate change, treeline, long-term monitoring, Swedish Scandes, repeat photography, *Picea abies*

ZUSAMMENFASSUNG

Anthropogener Klimawandel wird vielfach mit der Veränderung der Kältebaumgrenze in Verbindung gesetzt. Vor diesem Hintergrund wurde entlang eines Höhengradienten in den südlichen schwedischen Skanden die strukturelle Entwicklung und Regeneration des Baumgrenzökotons (*Picea abies* Karst.) durch wiederholte fotografische Dokumentation untersucht. Während des frühen 20sten Jahrhunderts bis zum Beginn der Untersuchungsperiode von 1974-2014 stieg die Fichtenbaumgrenze um 170 Höhenmeter, bedingt durch erhöhte Sommer- und Wintertemperaturen. Dabei entwickelten sich jahrtausendalte Krummhölzer in hochgewachsene Bäume. Trotz der Produktion lebensfähiger Samen war die Reproduktionsrate gering. Daher ist die hangaufwärtige Verlagerung der Baumgrenze in Zusammenhang mit der prognostizierten Klimaerwärmung abhängig vom Wachstumspotential verstreuter Bestände alter Krummhölzer oberhalb der Baumgrenze in den alpinen Heiden. In den letzten Jahrzehnten, mit relativ höheren Temperaturen, spielte die Samenregeneration nur eine geringe Rolle für die Baumgrenzdynamik. Bisher hing die Baumgrenzdynamik vor allem von den Wintertemperaturen und Schneedeckenverhältnissen ab. Basierend auf den aktuellen Ergebnissen scheint eine stärkere Fichtenwaldexpansion über die jetzige Baumgrenze hinaus in die baumlose alpine Tundra hinein fraglich. Die Studie unterstützt die These, dass sich zukünftige Klimaerwärmung auf die alpine Baumgrenze in den Skanden vor allem durch Strukturveränderungen des Aufwuchses vorhandener Krummholzfichten niederschlägt, anstatt in der weiteren Ausbreitung neuer Fichtenbäume.

Schlüsselworte: Klimawandel, Baumgrenze, Langzeitmonitoring, schwedische Skanden, *Picea abies*

1 INTRODUCTION

Alpine treelines are complex and dynamic ecotones and their spatial and compositional performances over time are commonly taken as robust and efficient indicators of climate-driven landscape ecological transformations and proxy of palaeoecological change in high-mountain regions (Kullman 1998, 2013, Körner 1998, Fagre et al. 2003, Kharuk et al. 2005, Becker et al. 2007, Danby & Hik 2007, Dial et al. 2007, Holtmeier 2009, Capers & Stone 2011, Elliott 2012, Gaire et al. 2013). This contention draws on near-global empirical evidence, showing treeline advance, although at locally different rates and magnitudes, in broad concert with oscillatory climate warming (summer and winter) since the early 20th century (Esper & Schweingruber 2004, Kharuk et al. 2005, Lloyd 2005, Kapralov et al. 2006, Dial et al. 2007, Danby & Hik 2007, Devi et al. 2008, Harsch et al. 2009, Kullman & Öberg 2009, Roush 2009, Holtmeier & Broll 2010, Kirilyanov et al. 2012, Capers & Stone 2011, Mamet & Kershaw 2012, Hofgaard et al. 2013, Rannow 2013). Quite